This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

B 938,431

PROPERTY OF THE
University of
Michigan
Libraries
1817
ARTES SCIENTIA VERITAS

QC
353
.D34

AN

EXPERIMENTAL INQUIRY

INTO THE

CAUSE of the CHANGES of COLOURS

IN

OPAKE AND COLOURED BODIES.

WITH AN

HISTORICAL PREFACE

Relative to the Parts of Philoſophy therein examined, and to the
ſeveral Arts and Manufactures dependent on them.

BY

EDWARD HUSSEY DELAVAL, F. R. S.

> ΠΡΟΣΕΞΕΥΡΕΙΝ, ΚΑΙ ΠΑΡΑΔΟΥΝΑΙ ΤΟΙΣ ΤΕ ΤΑΣ ΤΕΧΝΑΣ ΕΡΓΑΖΟΜΕΝΟΙΣ, ΚΑΙ ΤΟΙΣ ΑΛΛΟΙΣ ΑΠΑΣΙΝ ΑΝΘΡΩΠΟΙΣ.
>
> Diodor. Sicul. L. ii.

L O N D O N:
Printed for J. NOURSE, Bookſeller to his Majeſty; and P. ELMSLY,
in the Strand.

Entered at Stationers' Hall.

M.DCC.LXXVII.

IT appears to be extremely worth the Time and Pains of Philoſophers to inquire into the Orders of the Colours of natural Bodies, in the Manner propoſed and begun by Sir Iſaac Newton; and particulary to compare the Changes of Colour, which turn up in chemical Operations, with the other Changes, which happen to the Subjects of the Operations, at the ſame time. Nothing ſeems more likely than this to be a Key to the Philoſophy of the ſmall Parts of natural Bodies, and of their mutual Influences.

Hartley's Obſerva. C. 2. Sect. 4. Prop. 60.

PREFACE.

THE Subject of the following Work was ſuggeſted to the Author, by a cloſe attention to thoſe Experiments of Sir Iſaac Newton, which ſhew that *Colours* are exhibited by very thin plates of *pellucid Media:* and it is intended, as a kind of Supplement, to commence at that ſtate of the Inquiry, in which it was left by that great Philoſopher.

The Subſtances which he employed in making his optical Experiments, were *tranſparent* and *colourleſs:* ſuch as Glaſs, Water, and Air. And having diminiſhed, or increaſed, the thickneſs of thoſe ſubſtances by *mechanical* means, he produced, according to the different magnitudes of the pellucid Media, Differences or Changes of Colour.

The Colours, however, exhibited in thoſe Experiments, from their tranſient and temporary nature, were, I perceived, incapable of being applied to

11-7-35

388266

practical Uſes. In proportion, therefore, as I admired the greatneſs of thoſe Diſcoveries, I regretted that they were hitherto confined within the bounds of mere ſpeculative Knowledge, or philoſophical Curioſity; eſpecially as I imagined that, by a *practical* Application of the Theory, many uſeful Arts might be conſiderably improved.

Induced by theſe conſiderations, I endeavoured, by a ſeries of Experiments and Obſervations, to inquire into the Changes of Colour effected in *permanently coloured* Bodies, and to examine whether thoſe Changes are ſubject to the ſame Law which prevails in *colourleſs* Subſtances.

But becauſe *permanently coloured* Subſtances are, on account of their Opacity, generally diſqualified from tranſmitting the incident Light, and becauſe their diſpoſition to reflect only one particular Colour, renders them incapable of exhibiting any other, I was aware that the *mechanical* methods, by which the Colours of *pellucid* Media were altered, could not be effectually employed for producing ſuch Changes in *permanently coloured* Subſtances, while they remain in their entire ſtate: and therefore I found it expedient to have recourſe to ſuch *chymical*

Operations as would *diminiſh or increaſe the Size* of the component parts of thoſe Subſtances, by ſeparating them into ſmaller, or uniting them into larger, Maſſes. For almoſt all the Changes which natural Bodies undergo, appear to ariſe from the Diviſion or Reunion of their component Particles: And, indeed, the Chymiſts have reduced the whole of their Art to theſe two Operations.

Hence Sir Iſaac Newton, at the cloſe of his Optics, lays down the following moſt excellent Doctrine: "All theſe things being conſidered, *it ſeems* "*probable to me*, that God in the beginning formed "Matter in ſolid, maſſy, hard, impenetrable, move-"able particles, of ſuch Sizes and Figures, and with "ſuch other Properties, and in ſuch Proportion to "Space, as moſt conduced to the End for which "he formed them; and that theſe primitive Par-"ticles being Solids, are incomparably harder than "any porous Bodies compounded of them; even ſo "hard, as never to wear or break in pieces: No or-"dinary Power being able to divide what God him-"ſelf made one in the firſt Creation. While the "Particles continue entire, they may compoſe Bo-"dies of one and the ſame Nature and Texture in "all Ages: But ſhould they wear away, or break "in pieces, the Nature of Things depending upon "them, would be changed. Water and Earth, "compoſed of old worn Particles and Fragments of "Particles, would not be of the ſame Nature and "Texture now, with Water and Earth compoſed of "entire Particles, in the Beginning. And therefore, "that Nature may be laſting, the Changes of cor-"poreal Things are to be placed only in the various "Separations and new Aſſociations and Motions of "theſe permanent Particles; compound Bodies be-"ing apt to break, not in the midſt of ſolid Parti-"cles, but where thoſe Particles are laid together, "and only touch in a few Points."

In this paſſage the Doctrine of the Diviſion and Reunion of Particles of Matter, which compoſe natural Bodies, is clearly laid down, and beautifully illuſtrated: which Diviſion and Reunion are eſſential to thoſe effects of Chymiſtry and Optics, which are examined in the following Work.

But although this great Philoſopher, from the Manner of expreſſing himſelf here, ſeems to conſider this Truth, concerning the Permanency of the component Particles of Bodies, as his own original Diſcovery; yet it is certain that Opinions, which exactly coincide with his, were entertained by the moſt antient Philoſophers. Leucippus and Democritus held that "Bodies were compoſed of "Atoms, or very ſmall Particles, which, from their "Solidity, are incapable of being deſtroyed[a]." The latter Philoſophers of Greece borrowed theſe Doctrines of Leucippus and Democritus, and inculcated them[b]: And we find that they ſupported them by Arguments

---

[a] Εἶναι γὰρ ϗ ταῦτα ἐξ ἀτόμων, τινῶν συστήματα· ἅπερ εἶναι ἀπαθῆ ϗ ἀναλοίωτα διὰ τὴν στερρότητα, Diog. Laert. l. ix. Segm. 44.

[b] Καὶ μὴν ϗ τὰς ἀτόμους νομιστέον, μηδεμίαν ποιότητα τῶν φαινομένων προσφέρεσθαι, πλὴν σχήματος, ϗ βάρους, ϗ μεγέθους, ϗ ὅσα ἐξ ἀνάγκης σχήματος συμφυῆ ἐστι· ποιότης γὰρ πᾶσα μεταβάλλει· ἀι δὲ ἄτομοι, οὐδὲν μεταβάλλουσιν. Επειδήπερ δεῖ τι ὑπομένειν ἐν ταῖς διαλύσεσι τῶν συγκρίσεων στερεὸν ϗ ἀδιάλυτον.

Ὅθεν ἀναγκαῖον τὰ μὴ μετατιθέμενα ἄφθαρτα εἶναι, ϗ τὴν τοῦ μεταβάλλοντος φύσιν οὐκ ἔχοντα, ὄγκους δὲ ϗ σχηματισμοὺς ἰδίους. Τοῦτο γὰρ ϗ ἀναγκαῖον ὑπομένειν. Ejuſd. l. x. Segm. 54.

Τῶν σωμάτων τὰ μέν ἐστι συγκρίσεις, τὰ δ᾽ ἐξ ὧν ἀι συγκρίσεις πεποίηνται. Ταῦτα δέ ἐστιν ἄτομα ϗ ἀμετάβλητα, εἴπερ μὴ μέλλει πάντα εἰς τὸ μὴ ὂν φθαρήσεσθαι· ἀλλ᾽ ἰσχύοντα ὑπομένειν, ἐν ταῖς διαλύσεσι τῶν συγκρίσεων, πλήρη τὴν φύσιν ὄντα, ϗ οὐκ ἔχοντα ὅπη ἢ ὅπως διαλυθήσεται. Ὥστε τὰς ἀρχὰς, ἀτόμους ἀναγκαῖον εἶναι σωμάτων φύσεις. Ib. Segm. 41.

Many ſimilar paſſages might be adduced from the Author here cited, and from others. The learned Marſham, ſumming up the opinions which the antient Philoſophers entertained on this ſubject, attributes to them an argument, ſimilar to that by which Sir Iſaac Newton proves the indeſtructibility of the primary parts of material ſubſtances, Arguments ſimilar to thoſe which are uſed by Sir Iſaac Newton. Lucretius, who has given us the ſubſtance of that Philoſophy which was introduced into Greece by Democritus, has elegantly delivered ſome of theſe Opinions in the following lines, as well as in various other paſſages:

omnia quando
Paulatim creſcunt, ut par eſt, *ſemine certo:*
Creſcendoque *genus ſervant*; ut noſcere poſſis
Quæque ſuâ de materiâ grandeſcere, alique.
Lucret. l. i. 189.

The argument, in particular, which is by Newton deduced from the Immutability of Water, and other material ſubſtances, is uſed by this Poet:

Unde mare, ingenui fontes, externaque longè
Flumina ſuppeditant? unde æther ſidera paſcit?
Omnia enim debet, mortali corpore quæ ſunt,
Infinita ætas conſumpſe anteacta dieſque.
Quod ſi in eo ſpatio, atque anteactâ ætate fuere,
E quibus hæc rerum conſiſtit ſumma refecta,
Immortali ſunt naturâ prædita certe. Ib. 231.

Cicero,

ſubſtances, from the immutability of the Bodies themſelves: "Nam "ſi interitus rerum mutationi accederet, Univerſi tandem abolitio "ſequeretur, neque ſuppeteret, unde res renaſcerentur."
Marſham. Canon. Chron. Secul. XI. § 2.

Cicero[c], who alſo drew his Philoſophy from Greece, aſcribes the Permanency of terreſtrial Bodies to the agency of the Deity, coinciding with the ſentiments which our illuſtrious Author has delivered, in that part of his Optics, which is before-cited. Thus were the latter, as well as antient Greeks, acquainted with theſe and other philoſophical Truths.

Notwithſtanding this, it is alſo certain that the Philoſophers of Greece were not the original Diſcoverers of theſe truths; for it appears from the accounts delivered down to us, that their phyſical knowledge was confined to bare Properties and Effects, of which the Cauſes were unknown to them: They contented themſelves with dogmatical Aſſertions, concerning the Phænomena of Nature, unſupported by the Evidence of Experiment; without which means of Enquiry, it is certain that true Phyſical Knowledge can not be arrived at. Thus their Syſtems, corrupted by ideal Speculation, were erroneous and imperfect. For there aroſe among them various Sects, each excluſively holding Doctrines which, though falſe or deficient as ſeparately maintained, would, if united, have been conſonant to the Laws of Nature[d].

---

[c] Talis igitur mens mundi cum ſit, ob eamque cauſam vel *prudentia*, vel *providentia* appellari rectè ſolet (Græce enim πρόνοια dicitur) hæc potiſſimùm *providet*, et in his maximè eſt occupata, primum ut mundus quam aptiſſimus ſit ad permanendum.

Cicero de Natura Deor. l. ii. XXII.

Hence it is that, amongſt the antient Writers of that Nation, we meet with few or no original Diſcoveries or Improvements, either in Natural Philoſophy, or in the Arts dependent on it.

Since, therefore, the Greeks were unacquainted with experimental Philoſophy, and employed none of thoſe Means through which a Proficiency in Phyſicks can be obtained, it is evident they muſt have acquired their Doctrines at an eaſier rate, by receiving them from Philoſophers of other Nations, who had doubtleſs, by their own proper Skill and Induſtry, diſcovered them.

And indeed Hiſtorians affirm that Democritus received the Doctrines which he introduced into

---

[d] Thus Water was held by ſome to be the only Element, out of which all things were formed, whilſt others attributed their Formation to Earth, or to Air. But Chymical Analyſis has ſhewn, that all thoſe Principles are moſt frequently united in the Compoſition of natural Bodies.

Greece from the Philoſophers of India, Ethiopia, and Egypt, as well as from the Magi and Chaldeans, into whoſe Countries he travelled to inquire into their Learning [e].

For the Indians and Ethiopians were conſidered as the moſt Philoſophical of all Nations [f]. Strabo informs us, that, in India, Philoſophers were held in the greateſt eſteem, and that ſome of them were employed in phyſical Inquiries [g]. And this agrees with the Account which Diodorus Siculus had given of them; for from this writer we learn that their Philoſophers formed the firſt order in the State [h],

and

---

[e] Περὶ Δημοκρίτου.—Ἧκεν οὖν ϗ πρὸς τοὺς Χαλδαίους εἰς Βαβυλῶνα, ϗ πρὸς τοὺς Μάγους, ϗ τοὺς Σοφιστὰς τῶν Ἰνδῶν. Ælian. Var. Hiſt. l. iv. c. xx.

Φησὶ δὲ—ἀποδημῆσαι αὐτὸν ϗ εἰς Αἴγυπτον—ϗ πρὸς Χαλδαίους, εἰς τὴν Περαίδα, ϗ εἰς τὴν ἐρυθρὰν θάλασσαν γενέσθαι. Τοῖς τε γυμνοσοφισταῖς φασί τινες συμμίξαι αὐτὸν ἐν Ἰνδίᾳ, ϗ εἰς Αἰθιοπίαν ἐλθεῖν.
Diog. Laert. Δημόκρ. l. ix. ſegm. xxxv.

Δημόκριτος—ἐπῆλθε γὰρ Βαβυλῶνα τε ϗ Περσίδα ϗ Αἴγυπτον τοῖς τε Μάγοις ϗ τοῖς ἱερεῦσι μαθητεύων. Clem. Alex. Strom. lib. i. p. 222. Edit. Heinſii.

[f] Σοφώτατοι μὲν ἀνθρώπων Ἰνδοὶ, ἄποικοι δὲ Ἰνδῶν Αἰθίοπες, πατρῴζουσι δὲ οὗτοι τὴν σοφίαν. Philoſtrat. l. vi. c. xvi.

Ἰνδῶν δὲ ἡ φιλοσοφία ϗ αὐτῶν διαβεβόηται. Clem. Alex. Strom. l. vi. p. 457.

[g] Φησὶ δὲ τὸ τῶν Ἰνδῶν πλῆθος εἰς ἑπτὰ μέρη διῃρῆσθαι, ϗ πρώτους μὲν τοὺς φιλοσόφους εἶναι κατὰ τιμὴν, ἐλαχίστους δὲ κατ' ἀριθμὸν. Strabo, l. xv. p. 703.
Τοὺς δ' ἄλλους (Βραχμᾶνας) σκοπεῖν τὰ περὶ τὴν φύσιν. Ib. p. 716.

[h] Diodor. Sicul. l. ii. p. 88.

and he relates ſeveral inſtances of their Skill in Natural Philoſophy. Megaſthenes expreſly aſſures us that all the Doctrines of Phyſicks were cultivated by the Brachmans of India, previous to their Introduction into Greece[i].

The Sages of Egypt alſo boaſted of being the firſt Cultivators of Philoſophy[k]. Herodotus, who had viſited that people, acknowledges that Greece borrowed much of its Learning from them[l]. And Diodorus Siculus, in a Chapter expreſly treating of thoſe Grecians who, in antient times, reſorted to Egypt for the ſake of learning the Sciences there cultivated, informs us that Democritus reſided in that Country five years for this purpoſe[m].

The ſacred Writers, as well as the later Hiſtorians, abound in teſtimonies of the Wiſdom and

---

[i] Φανερώτατα δὲ Μεγασθένης ὁ συγγραφεὺς, ὁ Σελεύκῳ τῷ Νικάτορι συμβεβιωκὼς, ἐν τῇ τρίτῃ τῶν Ἰνδικῶν ὧδε γράφει. Ἅπαντα μέν τοι τὰ περὶ φύσεως εἰρημένα παρὰ τοῖς ἀρχαίοις, λέγεται ϗ παρὰ τοῖς ἔξω τῆς Ἑλλάδος φιλοσοφοῦσι τὰ μὲν, παρ' Ἰνδοῖς ὑπὸ τῶν Βραχμάνων.
Clem. Alex. Strom. l. i. p. 224.

[k] Οἱ δὲ Θηβαῖοι φασὶν ἑαυτοὺς ἀρχαιοτάτους εἶναι πάντων ἀνθρώπων, ϗ παρ' ἑαυτοῖς πρώτοις φιλοσοφίαν τε εὑρῆσθαι. Diodor. Sicul. l. i. p. 32.

[l] Herod. l. ii. paſſim.

[m] Diodor. Sicul. l. i. p. 62.

Philoſophy of the Egyptians: but theſe are ſo well known, that it is not neceſſary to inſtance them in this place.

On this ſubject, however, it may not be improper to obſerve, that the principal Divinity of Egypt ISIS (by the Greeks called ΔΗΜΗΤΗΡ, and by the Romans CERES) repreſented Nature [n]; and that, in the greater Myſteries of that Goddeſs, the Phænomena of Nature were exhibited and explained [o]. And we learn from Seneca that ſeveral leſſons were neceſſary for the inſtruction of the initiated, from the copiouſneſs of the ſubject [p].

Nor were the Magi leſs diſtinguiſhed for their proficiency in the Knowledge of Nature, according to the accounts of many antient Authors, amongſt whom Cicero

---

[n] Ἡ γὰρ Ἶσίς ἐστὶ μὲν τὸ τῆς φύσεως θῆλυ, καὶ δεκτικὸν ἁπάσης γενέσεως. Plutarch de Iſide, p. 372.

Στολαὶ αἱ μὲν Ἴσιδος ποικίλαι ταῖς βαφαῖς· περὶ γὰρ Ὕλην ἡ δύναμις αὐτῆς, πάντα γινομένην καὶ δεχομένην. Ib. p. 382.

[o] Μετὰ ταῦτα δ' ἐστὶ τὰ μικρὰ μυστήρια, διδασκαλίας τινὰ ὑπόθεσιν ἔχοντα καὶ προπαρασκευῆς τῶν μελλόντων. τὰ δὲ μεγάλα, περὶ τῶν Συμπάντων, οὐ μανθάνειν ἔτι ὑπολείπεται, ἐποπτεύειν δὲ, καὶ περινοεῖν τήν τε ΦΥΣΙΝ ΚΑΙ ΤΑ ΠΡΑΓΜΑΤΑ. Clem. Alex. l. v. p. 424.

[p] Eleuſis ſervat quod oſtendat reviſentibus: Rerum Natura ſua non ſimul tradit. Seneca. Nat. Quæſt. l. vii. c. xxxi.

Cicero atteſts their excellence in Science, and concurs with thoſe we have already cited, in relating that Democritus reſorted to Perſia, to procure from theſe great Maſters inſtruction in phyſical Inquiries[q].

The Chaldeans alſo cultivated Philoſphy with much ſucceſs, and they are ſaid to have employed all their lives in purſuit of this Study[r]. The moſt learned Writer of the preſent age has ſhewn that almoſt all the Sciences antiently originated from them[s]. And it is remarkable that the Permanency of Matter, and of the World which is compoſed of it, was maintained by thoſe Sages[t], according to the principles inculcated by Democritus.

But, tho' Greece thus borrowed its Philoſophy from the Nations of the Eaſt, at an early period of

---

[q] Cur ipſe Pythagoras & Ægyptum luſtravit, & Perſarum Magos adiit? Cur tantas regiones barbarorum pedibus obiit? tot maria tranſmiſit? cur hæc eadem Democritus?—quid quærens aliud, niſi beatam vitam? quam ſi etiam in Rerum cognitione ponebat, tamen ex illa Inveſtigatione Naturæ conſequi volebat, ut eſſet bono animo.
Cicero de Finibus, l. 5. XXIX.

[r] Χαλδαῖοι—πάντα τὸν τῦ ζῆν χρόνον φιλοσοφῦσι. Diod. Sicul. l. ii. p. 81.

[s] Bryant. Syſt. Ant. Mythol. paſſim.

[t] Οἱ δ' ὖν Χαλδαῖοι τὴν μὲν τῦ κόσμυ φύσιν ἀΐδιον φασὶν εἶναι.
Diodor. Sicul. l. ii. p. 82.

Hiſtory, I am, from ſeveral circumſtances, ſtrongly induced to believe that it flouriſhed in thoſe Eaſtern Nations at a Period much antecedent to its introduction into that Country; and, particularly, that Chymiſtry, by which alone the compoſition of Natural Bodies could have been diſcovered, was confined to, and ſolely cultivated in, Aſia, and the Eaſtern parts of Africa; unleſs Metallurgy, which includes but a ſmall part of Chymiſtry (and which, from its neceſſity, ſeems to have been very early exerciſed in almoſt all nations) be confounded with Chymiſtry in general.—My reaſons for this opinion are theſe:

1. Becauſe certain Arts dependent on chymical proceſſes were antiently practiſed in the Eaſt, altho' unknown in Greece, and all other parts of Europe.

2. Becauſe the ſame Oriental Nations continue to excel in thoſe Arts, many of which are in vain attempted, even at preſent, to be imitated by European Nations.

3. Becauſe the firſt Books, which treat of Chymiſtry as a Science, and which, notwithſtanding their early date, afford a good account both of its ſpecu-

lative and practical parts, are delivered to us from Writers of the Eaſt.

Before I mention the particular Arts dependent on Chymiſtry, the origin of which I attribute to the Oriental Nations, it may be proper to obviate an objection which may be made to the Novelty of this Inquiry. It may poſſibly be aſked, if ſuch Arts were practiſed antiently by thoſe Nations, whence is it that moſt of the circumſtances, which are here obſerved relative to them, have hitherto paſſed unnoticed? To this I anſwer, that, in theſe Reſearches, I have frequently remarked with regret, that although ſeveral perſons, eminent for their Learning, have tranſlated, or commented upon, the Works of the antient Writers on ſuch ſubjects, theſe modern Authors have not joined, to their great Erudition, a Knowledge of Natural Philoſophy, or of the Arts dependent upon it. From this Defect, the Connection between the Arts themſelves and the Parts of Natural Philoſophy, into which I have inquired, has hitherto paſſed almoſt unobſerved.

I ſhall, however, ſelect from among thoſe which flouriſhed at a very remote Period of Hiſtory in the

Eaſt, ſuch Arts only as relate to the practical Application of colouring Subſtances: and hence endeavour to trace the Origin and Hiſtory of Chymiſtry, and of Colours; from the Union of which two Subjects the following Work is formed.

The firſt I ſhall inſtance, is the Art of Dying. None of the Arts more abſolutely require the aſſiſtance of Chymiſtry than this: For though a few ſimple Colours may be accidentally diſcovered, and afterwards applied, without much ſkill; yet a more perfect Execution of this ingenious Trade, depends upon a proper management of Acids, Alcalies, various Salts, Metals, and other Subſtances, which cannot be produced, or acted upon, but by chymical Proceſſes, ſo as to be applied to any of the finer and more difficult Works.

In this Art it is certain the Oriental Nations antiently excelled; and from hence ſeveral parts of the Eaſt produced the ſame kinds of merchandize, which we now receive from them in our traffic. Which affords us one inſtance, among many, of the Effect that a fixed and invariable ſtate of Manners and Cuſtoms, ſo often obſerved in thoſe Countries, has had on their Manufactures and Commerce.

To the aid of Chymiſtry we muſt, in the firſt place, aſcribe that particular ſpecies of Dying, by which Linen or Cotton Clothes are painted, or printed, with Colours. Which Art, as antiently practiſed in various Eaſtern Countries, ſeems much to have reſembled the preſent ſtate of it amongſt the ſame Nations, from whom we now import Clothes thus manufactured. And it will appear from the following Obſervations, and from the paſſages which I have here collected from antient Writers, that the ſeveral countries, which were celebrated for theſe curious Works, produced alſo Linen, or Cotton, and dying materials for the manufacture of them.

This ſpecies of Dying was antiently cultivated in India, where it flouriſhed conſiderably: and that Country not only furniſhed Clothes, tinged with variouſly coloured Figures and Flowers, for the uſe of its own inhabitants; but alſo ſupplied other nations with them, as an article of Commerce.

Claudian alludes to theſe productions of India, in the following lines:

"Jam cochleis homines junctos, & quidquid inane
"Nutrit, in Attalicis quæ pingitur India velis [u].

Indeed, that Poet had juſt reaſon to blame the Taſte, in which ſuch Clothes were painted, if we may judge of the antient Workmanſhip by the modern: for it is certain, that, at this day, their Deſign is unequal to the beauty and richneſs of their Colouring.

---

[u] Claudian in Eutrop. l. i. lin. 356.

From the great number of different Epithets, applied to the word *Velis* in the ſeveral Editions of Claudian, I am inclined to think that the original Adjective has been loſt, and has been arbitrarily ſupplied by the Editors. From among the words Lydiacis, Indiacis, Niliacis, Attalicis, &c. I have choſen the laſt, as it ſeems leſs than the others to riſk vitiating the ſenſe of the paſſage. For, I believe Attalicus is generally uſed, merely to ſignify rich, elegant, or fine, ſuch as was poſſeſſed by Attalus, king of Pergamus, who was famous for his wealth and magnificence. Heinſius propoſes for the word *Velis* to ſubſtitute *Telis*, meaning Tapeſtry or Carpets in which the colours are interwoven. But it appears from Pliny, l. xix. c. i. and from the conſtant uſage of other authors, that Velum was a term applied to Linen, and more eſpecially ſo when dyed: and it is thus uſed in a paſſage hereafter cited, relative to the exerciſe of this kind of Dying in Egypt.

Strabo relates that the Indians wore *flowered Linens* ΣΙΝΔΟΝΑΣ ΕΥΑΝΘΕΙΣ, and, from the Epithet it appears that thoſe Ornaments were finely executed [w].

From the ſame Nation, the method of dying Linen of various Colours was firſt learned by the Macedonians, who accompanied Alexander on an expedition to the river Indus [x].

Many circumſtances are to be found in Hiſtorians relative to the Culture, Manufacture, and Uſe of Linen and Cotton in that Country, on which the Colours, alſo produced there, were employed.

Flax was cultivated in India [y], and we are informed

---

[w] Strabo, l. xv. p. 709.——Sindon ſignifies Linen, or linen Garments.——Heſychius. Σινδὼν, ὀθόνη.—Ὀθόνια, λινᾶ ἱμάτια.——Bayfius de re veſtiaria, p. 53, Sindon, Veſtis linea. By the ſame word Cotton Clothes are ſometimes expreſſed.

[x] Tentatum eſt *tingi Linum* quoque, & *veſtium inſaniam* accipere, in Alexandri Magni *primum* claſſibus, Indo amne navigantis, cum duces ejus & præfecti in certamine quodam variaſſent inſignia navium, ſtupueruntque littora flatu verſicoloria implente.

Plinii, l. xix. c. i.

[y] Terra (Indiæ) Lini ferax, inde pleriſque ſunt veſtes.

Q. Curtii, l. viii. c. ix.

formed of the Seaſon and Soil which was there eſteemed proper for ſowing that plant [z].

The peculiar Skill of this People, in ſpinning and weaving Linen, was alſo very conſpicuous, inſomuch that Dionyſius Periegetes, deſcribing their manners and cuſtoms, mentions their employment in ſuch Works as a diſtinguiſhing national occupation [a].

A part of their Dreſs conſiſted of linen cloth, thus prepared by them [b]: and we find that it formed an extenſive branch of their Commerce. The Author of the Periplus maris Erythræi enumerates many Indian Marts which traded in this Merchan-

---

[z] Ἐκ δὲ τῆς ἀναθυμιάσεως τῶν τοσούτων ποταμῶν, ϗ ἐκ τῶν ἐτησίων, ὡς Ἐρατοσθένης φησὶ, βρέχεται τοῖς θερινοῖς ὄμβροις ἡ Ἰνδικὴ, ϗ λιμνάζει τὰ πεδία· ἐν μὲν οὖν τούτοις τοῖς ὄμβροις λίνον σπείρεται Strabo. l. xv. p. 690.

[a] Πρὸς δ' αὐγὰς Ἰνδῶν ἐρατεινὴ πέπταται αἶα,
———Οἱ δ' ἱστοὺς ὑφόωσι λινεργέας.
Dionyſ. Perieg. lin. 1116.

[b] Indi, corpora uſque ad pedes Carbaſo * velant: ſoleis pedes, capita *linteis* vinciunt. Q. Curtii, l. viii. c. ix.

* Ad eund. loc. Raderus. Carbaſus autem eſt tenuiſſimæ & delicatiſſimæ telæ ſeu Lini genus.

Στολὴν δὲ εἶναι τοῖς μετὰ τὸν Ἰνδὸν λίνου φασὶν ἐγχωρίου.
Philoſtrat. l. ii. c. xx.

dize[c], and of which the moſt famous was ſituated on the Ganges, and took its name from that river[d].

I thought it neceſſary to examine into theſe particulars, as ſome Writers have fallen into great errors concerniug them. Thus Voſſius, in his Annotations on Pomponius Mela, inſiſts that wherever the Antients mention the Woollen, Linen, or Cotton of India, we are to underſtand that, by thoſe words, they mean Silk. "Sic ſentio, ubicunque apud Veteres aut lanæ, aut lini, aut byſſi Indici mentio fit, intelligendum id eſſe de ſerico," ad Pomp. Melæ, l. iii. c. vii. an aſſertion very inconſiſtent with the accounts which I have here adduced from the beſt Authorities relative to this People; who, moreover, would not have admitted the general Uſe of Silk, if they had poſſeſſed it, from religious motives, which I ſhall explain hereafter.

---

[c] Μητρόπολις δὲ τῆς χώρας Μινναγάρα, ἀφ' ἧς κ̀ πλεῖστον Ὀθόνιον, εἰς Βαρύγαζαν κατάγεται.—Arriani Periplus maris Eryth. Edit. Stuckii. Genevæ, 1677, p. 13.

Ὀζήνη—ἀφ' ἧς πάντα τὰ πρὸς εὐθηνίαν τῆς χώρας, εἰς Βαρύγαζαν καταφέρεται, κ̀ τὰ πρὸς ἐμπορίαν τὴν ἡμετέραν, ὀνυχίνη λιθία κ̀ μουῤῥίνη, κ̀ Σινδόνες Ἰνδικαὶ, κ̀ μολόχιναι, κ̀ ἱκανὸν χυδαῖον Ὀθόνιον. Ib. p. 15.

Φέρεται δὲ ἀπὸ τῶν τόπων Ὀθόνιον παντοῖον—κ̀ Νῆμα, κ̀ τὰ ἀπὸ τῶν ἐμπορίων φερόμενα. Ib. p. 16.

Ἀπὸ δὲ Ταγάρων, Ὀθόνιον πολὺ χυδαῖον, κ̀ Σινδόνων παντοῖα. Ib.

Ταπροβανὴ—γίνεται δὲ ἐν αὐτῇ λιθία διαφανὴς, κ̀ Σινδόνες. Ib. p. 19.

Μασαλία—γίνονται ἐν αὐτῇ Σινδόνες πλεῖσται. Ib.

[d] Ποταμὸς δέ ἐστιν περὶ αὐτὸν, ὁ Γάγγης λεγόμενος, κ̀ αὐτὸς μέγιστος τῶν κατὰ τὴν Ἰνδικήν· καθ' ὃν κ̀ ἐμπόριόν ἐστιν ὁμώνυμον τῷ ποταμῷ, ὁ Γάγγης, δι' οὗ φέρεται τό τε μαλάβαθρον, κ̀ Σινδόνες αἱ διαφορώταται, αἱ Γαγγιτικαὶ λεγόμεναι. Ib.

From the moſt antient teſtimonies we alſo learn that Cotton was produced and wrought in this Country[e]. Pliny informs us that the fineſt Clothes were made from this Plant which grew there[f], as well as in Perſia[g]. Arrian commends theſe on account of their Whiteneſs[h]: And it does not appear that they differed from the Cottons which we now import from thence, and which are printed or painted with a variety of Figures, and Colours far exceeding thoſe which the Europeans have lately introduced in imitation of them. Theſe Manufactures are not executed by the Mahometans in India, but by the Deſcendents of its antient Inhabitants[l]; to which Race this Art of tinging Clothes with various Colours, as well as that of plain Dying, ſeems to have been tranſmitted by their Anceſtors.

---

[e] Τὰ δὲ δένδρεα τὰ ἄγρια αὐτόθι φέρει καρπὸν εἴρια καλλονῇ τε προφέροντα, καὶ ἀρετῇ τῇ ἀπὸ τῶν οἴων· καὶ ἐσθῆτι οἱ Ἰνδοὶ ἀπὸ τούτων τῶν δενδρέων χρέωνται.
Herodot. l. iii. cvi.

Καὶ τῶν ἐριοφόρων δένδρων φησὶν ὄυλος τὸ ἄνθος ἔχειν πυρῆνα. ἐξαιρεθέντος δὲ τούτου, ξαίνεσθαι τὸ λοιπὸν ὁμοίως ταῖς ἐρέαις.
Strabo, l. xv. p. 694. de India.

[f] De Goſſampinis, & arboribus ex quibus Veſtes fiunt.—Arbores vocant goſſampinos, fertiliores etiam Tylo in minore, quæ diſtat XM. paſ. Juba circa fruticem lanugines eſſe tradit, linteaque fieri Indicis præſtantiora.—Sic Indos ſuæ arbores veſtiunt.
Plinii, l. xii. cxi.

[g] De arboribus Perſicæ Inſulæ, & lanigeris arboribus.—Ferunt Cotonei mali amplitudine cucurbitas, quæ maturitate ruptæ oſtendunt lanuginis pilas, ex quibus veſtes pretioſo linteo faciunt. Ib. c. x.

[h] Ἐσθῆτι δὲ Ἰνδοὶ λινέῃ χρέονται, καθάπερ λέγει Νέαρχος, λίνου τοῦ ἀπὸ τῶν δενδρέων, ὑπὲρ ὅτου μοι ἤδη λέλεκται. τὸ δὲ λίνον τοῦτο, ἢ λαμπρότερον τὴν χροιήν.

As this country was diſtinguiſhed for ſuch Works, ſo we find that it ſupplied the Materials requiſite for their execution. Accordingly we are aſſured by Strabo that it abounded in Drugs, Roots, and colouring Subſtances[k], and that from theſe ingredients *admirable*

χροιὴν ἐςὶν ἄλλυ λίνυ λευκὸς· ἢ μέλανες αὐτοὶ ἐόντες λαμπρότερον τὸ λῖνον φαίνεσθαι ποιέυσιν. Arrian. Rerum Indicar. Edit. H. Stephan. 1675, p. 179.

[l] "Some of the reigning (Hindoo) princes trace their families, "with clearneſs, above four thouſand years.—Theſe countries, go"verned by native princes, which lay beyond the devaſtations of the "Mahomedans, are rich, and cultivated to the higheſt degree. "Their governors encourage induſtry and commerce; and it is to "the ingenuity of the Hindoos, we owe all the fine manufactures in "the Eaſt."—Dow. Hiſt. of Hindoſtan, p. xxxvi.

[k] Καὶ πολυφάρμακον δὲ, ϗ πολύῤῥιζον, ὥσπερ ϗ ΠΟΛΥΧΡΩΜΑΤΟΝ.
Strabo, l. xv. p. 694, de India.

mirable Dyes were produced[l]. Pliny mentions ſome of them, which bear a ſtrong reſemblance, both in Name, and in Deſcription, to thoſe which we now receive from that part of the world. Among theſe is a Subſtance very ſimilar in its Name, Colour, and Origin to the Indigo[m], uſed by our Dyers, the beſt kinds of which grow in the Mogul's Empire.

The

[l] Καὶ γὰρ δὴ φέρειν τὴν χώραν (Ἰνδικὴν) ΧΡΟΑΣ ΘΑΥΜΑΣΤΑΣ, ϗ θριξὶ, ϗ ΕΣΘΗΣΙ. τοὺς δ᾽ ἀνθρώπους τὰ ἄλλα μὲν εὐτελεῖς εἶναι, φιλοκόσμους δέ.
Strabo, l. xv. p. 699, de India.

[m] Ab hoc maxima autoritas *Indico*. Ex India venit harundinum ſpumæ adhæreſcente *limo*; cum teritur nigrum, at in diluendo mixturam purpuræ cæruleique mirabilem reddit. Plinii, l. xxxv. c. vi.

Indiâ conferente fluminum ſuorum limum. Ib. c. vii.

As the modern Indigo reſembles the dying Ingredient mentioned by Pliny, in its appellation, ſo likewiſe it appears to be the ſame in reſpect to Colour: being, when undiluted, ſo intenſely coloured as to appear black: while ſome kinds of it are more purple, and others bluer; each of them inclining to bluer or purpler hues, in proportion as they are more or leſs diluted. Our Indigo, in like manner, is ſimilar to that of Pliny in its Origin, for, as the Indigo of theſe modern times is a Mud or Fæcula, formed from the putrefaction of a Plant in Water; Pliny relates that the Indicum of the Antients was a Mud adhering to Plants in the Rivers of India: though, I think it is probable that, the Mud or Fæcula of which the antient Indicum conſiſted, was produced by the natural Decay of Vegetables, ſimilar to the Anil, in thoſe Rivers.

The red Reſin, called Dragons-blood, by the antient as well as modern Artiſts, was brought alſo from India[n].

Beſides theſe they appear to have uſed a purple and ſcarlet Dye, reſembling Cochineal in Colour, and in the manner of its production. Cteſias[o], and after him Ælian[p], give an account of the Inſects which yielded it, and of the Plants on which they fed. And much of it muſt have been produced in that Country, as large quantities were annually exported from thence[q]. From this material, it is probable, that they were ſupplied with that abundance of Purple, which enabled even the commoneſt

---

[n] Plinii. l. xxxiii. c. vii.——Ib. l. xxxv. c. vii.

[o] Αὐτόθι ἐςὶ γινόμενα θηρία τὸ μέγεθος ὅσον κάνθαρος, ἐρυθρὰ ὥσπερ κιννάβαρι. πόδας δὲ ἔχει μακροὺς σφόδρα. μαλακὸν δέ ἐςιν ὥσπερ σκώληξ. ϗ γίνεται ταῦτα ἐπὶ τῶν δένδρων τῶν τὸ ἤλεκτρον φερόντων· ϗ τὸν καρπὸν κατεσθίει αὐτῶν ϗ διαφθείρει, ὥσπερ ἐν τοῖς Ἕλλησιν οἱ φθεῖρες τὰς ἀμπέλους. ταῦτα οὖν τὰ θηρία τρίβοντες οἱ Ἰνδοὶ, βάπτουσι τὰς φοινικίδας ϗ τοὺς χιτῶνας, ϗ ἄλλο ὅ τι ἂν βούλωνται. καί εἰσι βελτίω τῶν παρὰ Πέρσαις βαμμάτων.
Ex Cteſiæ Indicis, XXI.

[p] Ælian de Nat. Animal. l. iv. c. xlvi.

[q] Ex Cteſiæ Indicis, XXI.—Ælian de Nat. Animal. l. iv. c. xlvi.

eſt people among them to wear Clothes of that Colour [r].

Many ingredients of the Materia Tinctoria, which are uſed by the Dyers in Europe, are at preſent imported from India.

That part of Aſia, which is ſituate between the Euxine and the Caſpian ſea, and which now is comprehended under the names of Georgia and Armenia, was alſo, from the earlieſt antiquity, celebrated for this Art of dying Clothes with various Forms and Colours. Herodotus, in his deſcription of the nations which inhabited Caucaſus, a mountain extending throughout this region [s], affirms that they adorned their Clothes with the Figures of Animals, by means of Vegetables, ground and diluted with water, from which the moſt durable Dyes were ob-

---

[r] Ἀλλὰ ϗ ἐν ὀλίγῃ πορφύρᾳ στιλβούσῃ ἐν ἱματίῳ ἐναβρύνεσθε μεγάλως, τῶν Ἰνδῶν ὁλοπορφύρων ὄντων, τῶν δ' ἄλλων ὑμῶν ὁλοπόρφυρα φορούντων.
Palladius de Gent. Indiæ & de Bragman. p. 43.

[s] Ἔστι δ' ὄρος τοῦτο (Καύκασος) ὑπερκείμενον τοῦ πελάγους ἑκατέρου, τοῦ τε Ποντικοῦ, ϗ τοῦ Κασπίου, διατειχίζον τὸν ἰσθμὸν, τὸν διείργοντα αὐτά.
Strabo, l. xi. p. 497.

tained[t]. Other Writers, who mention the ſame Work carried on by this people, do not confine the colouring matters to vegetables only[u].

It is remarkable that the Art, thus deſcribed by theſe Authors, continues ſtill to be practiſed in that Country[w], where, according to them, it flouriſhed in

---

[t] Καὶ τὰ μὲν πρὸς τὴν ἑσπέρην φέροντα τῆς θαλάσσης ταύτης ὁ Καύκασος παρατείνει, ἐὼν ὀρέων ϗ πλήθεϊ μέγιστος, ϗ μεγάθεϊ ὑψηλότατος. Ἔθνεα δὲ ἀνθρώπων πολλὰ ϗ παντοῖα ἐν ἑωϋτῷ ἔχει ὁ Καύκασος. τὰ πολλὰ, πάντα ἐξ ὕλης ἀγρίης ζώοντα. ἐν τοῖσι ϗ δένδρεα φύλλα τοιῇσδε ἰδέης παρεχόμενα εἶναι λέγεται, τὰ τρίβοντάς τε ϗ παραμίσγοντας ὕδωρ, ζῷα ἑωϋτοῖσι ἐς τὴν ἐσθῆτα ἐγγράφειν. τὰ δὲ ζῷα οὐκ ἐκπλύνεσθαι, ἀλλὰ συγκαταγηράσκειν τῷ ἄλλῳ εἰρίῳ, κατάπερ ἐνυφανθέντα ἀρχήν. Herodot. l. i. cciii.

[u] Τὴν δ' ἐσθῆτα ποικίλλουσιν ἐπιχρίστοις φαρμάκοις, δυσεξίτηλοι ἔχουσι τὸ ἄνθος.
Strabo, l. xi. p. 513.

[v] Both Herodotus and Strabo further mark out this Country, by the mention of the river Araxes, which runs through a conſiderable part of it.

[w] Erzeron, Capitale de la partie de l'*Armenie*, qui appartient au Grand Seigneur.—La Garance qu' on y trouve en tres-grande quantité, y vient de Perſe. Elle ſert aux habitans d' Erzeron pour *la teinture de leur Toiles.*——Tocat eſt la ſeconde ville de l'*Armenie* Turc pour le negoce. *Les toiles peintes* ſont encore un grand objet de negoce. Il eſt vrai que celles de Tocat ne ſont pas ſi belles que celles de Perſe; mais les Muſcovites et les Tartares de la Crimée pour qui elles ſont deſtinées s'en contentent. Il en paſſe néanmoins quelques-unes en France; et ce ſont celles qu' on y appelle Toiles du Levant. Savary Dict. de Comm. Suppl. p. 640.

L

in the remoteſt times: eſpecially as the practice of it, from its difficulty, has been confined to only a ſmall number of places, famous for the production of the neceſſary materials, and for the Ingenuity of the inhabitants in applying them to this Uſe.

We find very early accounts of the Linen wrought in thoſe Parts, and it appears from them that the Colchi, a nation bordering on the Eaſtern end of the Euxine, traded with Greece in that merchandize; and that, from their employment in its Manufacture, which was alſo exerciſed by the Egyptians, both of them were judged to have derived their Origin from one common Source[x]. From the relations reſpecting

---

I have not ſcrupled, amongſt other authorities, to cite this Work, which, though arranged in the form of a Dictionary, contains an authentic and extenſive account of the Traffick of, the ſeveral Countries, of which the Writer was enabled to procure full information, from his office as Inſpector General in the department of Commerce in France.

[x] Φαίνονται μὲν γὰρ ἐόντες οἱ Κόλχοι Αἰγύπτιοι. νοήσας δὲ πρότερον αὐτὸς, ἢ ἀκούσας ἄλλων, λέγω.—αὐτὸς δὲ εἴκασα τῇδε, ϗ ὅτι——φέρε δὴ ϗ ἄλλο εἴπω περὶ τῶν Κόλχων, ὡς Αἰγυπτίοισι προσφερέες εἰσί. λῖνον μοῦνοι οὗτοί τε ϗ Αἰγύπτιοι ἐργάζονται κατὰ ταυτά. λῖνον δὲ τὸ μὲν Κολχικὸν ὑπὸ Ἑλλήνων Σαρδονικὸν κέκληται. Herodot. l. ii. cv.

Λινόν τε ποιεῖ πολὺ—ἡ δὲ λινουργία ϗ τεθρύλληται· ϗ γὰρ εἰς τοὺς ἔξω τόπους ἐπεκόμιζον· καί τινες βουλόμενοι συγγένειάν τινα τοῖς Κόλχοις πρὸς τοὺς Αἰγυπτίους ἐμφανίζειν, ἀπὸ τούτων πιστοῦνται. Strabo, l. xi. p. 498.

reſpecting the Indians, which I have here offered, I think it is apparent that they alſo may be ranked with thoſe two Nations, not only from a Similarity in their antient Works of Linen, but alſo from their excellence in the ſame ſpecies of Dying, and from the extenſive Commerce for which each of them was renowned.

This Region ſtill abounds in Flax: Mr. Tournefort obſerved large quantities of that Plant, growing in ſeveral parts of Armenia and Georgia[y]: although it is at preſent neglected by the inhabitants, who prefer the uſe of Cotton[z]. It is probable, indeed, that the Clothes of this Country, which were antiently died with various Colours and Figures, were ſuppoſed by Herodotus to have been made of the latter Vegetable: for the word EIPION is conſtantly ly applied by that Writer, and others, to ſignify Cotton: and the trees which bear that down are called ΕΡΙΟΦΟΡΑ; as in Latin, Lana and Lanigeræ are uſed in the ſame ſenſe[a].

---

[y] Tournefort, Voyage du Levant, a Lyon, 1717, Lett. xviii. p. 151, Lett. xix. p. 192.

[z] Dans la Georgie,—On n' y mange, et on n' y brule que de l'huile de Lin; toutes les campagnes ſont couvertes de cette Plante; mais on ne la cultive que pour la graine; car on jette la tige ſans la battre pour la filer: quelle perte? on en feroit les plus belles toiles du monde: peutetre auſſi que ces toiles feroient grand tort à leur Commerce de toiles de Coton.

Tournefort V. du Lev. Lett. xviii. p. 174.

Xenophon, however, who had ſeen the People to whom this Art was aſcribed, obſerves that Linen was ſo much in uſe among them, that even their Soldiers wore Corſlets of that Cloth[b]. And Valerius Flaccus, whoſe chief excellence ſeems to conſiſt in characterizing thoſe nations, diſtinguiſhes a Warrior ſlain at Colchis, during the Argonautic expedition thither, by a painted garment; and at the ſame time ſpecifies that his dreſs was of fine white Linen[c].

---

[a] See the Notes [e] and [g] p. 21 above.—The word Lana ſignifies any downy ſubſtance, as hair or feathers. So Lana leporina, lana anſerina.

[b] 'Επορέυθησαν διὰ Χαλύβων—εἶχον δὲ θώρακας λινοῦς μέχρι τοῦ ἤτρου.
Xenoph. Anab. l. iv.

This nation of Chalybes (for there were many of that name) is placed by Xenophon between the Rivers Phaſis and Harpaſus, which ſituation anſwers to that of the Araxes, near its ſource.

[c] Tenuia non illum candentis carbaſa lini,
——— pictoque juvant ſubtemine bracæ.
Val. Flacc. l. vi. lin. 226.

Dying materials were here plentifully produced. Colchis was famous for its fertility in Plants, and by their means Medea is feigned to have performed her Enchantments. Mithridates, whoſe Kingdom was contiguous to it, was greatly celebrated for his Skill in Botany [d]. The reſt of this Tract of land afforded, almoſt every where, a ſoil luxuriant in Vegetables [e]. I have already ſhewn that ſome of them were, in the earlieſt ages, employed in Dying. A modern Botaniſt, who viſited this country, and examined its Plants, confirms theſe accounts of their variety and abundance [f], and informs us that great quantities of them are ſtill uſed in the very ſame Species of Dying to which, according to the Authors whom I have cited, they were antiently applied. For, more than two thouſand Camel-loads of Madder are annually ſent from Georgia to Diurbek and India, where the fineſt Calicos are painted with it[g].

---

[d] Plinii, l. xxv. c. vi.——Ib. c. x.

[e] Herbaſque quas Colchos * atque Iberia
Mittit.————
Horat. Epod. v.

* Al: Iolchos.

For the fertility of Iberia and Albania, now parts of Georgia, ſee Strabo, l. xi. p. 500—528.——

Πλησίον δὲ ϗ ὁ Ἀράξης ἐμβάλλει, τραχὺς ἐκ τῆς Ἀρμενίας ἐκπίπτων— οὐδὲ γὰρ τῇ γῇ χρῶνται κατ' ἀξίαν. πάντα μὲν γὰρ ἐκφέρουσι καρπὸν, ϗ τὸν ἡμερώτατον, πᾶν δὲ φυτὸν, ϗ γὰρ τὰ ἀειθαλῆ φέρει. τυγχάνει δ' ἐπιμελείας οὐδὲ μικρᾶς, &c. Ib. p. 502.

[f] On ne peut pas douter que ce ne ſoit un de ces quartiers de la Georgie ou, ſuivant Strabon, abondent toutes ſortes de fruits que la terre y produit ſans-Culture.——Tout le pays eſt fertile en belles Plantes. Tournefort V. du Lev. Lett. xviii. p. 159.

Minerals, applicable to the ſame uſe, were alſo found here. Colchis furniſhed a red Subſtance, which was obtained from an inacceſſible Rock with great pains[h]. It ſeems to have been a ferruginous Earth, reſembling that of Sinope in Colour, and in its native ſtate[i]: and it was called by the ſame name which Theophraſtus and others give to the Terra Sinopica[k]. In ſuch Earths, as well as in other colouring matters, this region abounded, as well as the Euxine[l], which waſhes its coaſts. Armenia was formerly, as at preſent, diſtinguiſhed for its Bole, which is of a Red colour, inclining to Yellow. Theſe earths, from their impregnation with Iron, are extremely uſeful in Dying, and the moſt beautiful Colours are ſtill produced by them in the adjacent countries[m].

---

[g] On Envoye tous les ans plus de deux mille charges de Chameaux, des environs de Teflis et du reſte de la Georgie, a Erzeron de la racine appellée Boïa *. D'Erzeron elle paſſe dans le Diurbequis, où l'on l'employe à *teindre des toiles* que l'on y fabrique pour la Pologne. La Georgie fournit auſſi beaucoup de la meme racine pour l'Indoſtan, où l'on fait *les plus belles toiles peintes.*

Tournefort V. du Lev. Lett. xviii. p. 170.

* Garance qu'ils appellent Boïa. Ib. p. 111.

[h] Γίνεται δὲ ϗ Κιννάβαρι—ϗ τό ἐν Κόλχοις. τȣ̃το δέ φασὶν εἶναι κρημνῶν. ἐγκαταβάλλȣσι τοξέυοντες. Theophraſt. de lapid. ciii.

Minium reperiri—item ad Colchos in rupe quadam inacceſſa, ex qua jaculantes decuterent, id eſſe adulterum. Plinii, l. xxxiii. c. vii.

---

[i] Sinopis inventa eſt primum in Ponto, inde nomen a Sinope urbe. *Quæ ſaxis adhæſit*, excellit.—Species Sinopidis tres, *rubra*, et minus rubens, et inter has media. Plinii, l. xxxv. c. vi.

[k] Plinii, l. xxxiii. c. vii.—Theophraſt. de lapid. xci. ciii.

[l] Τȣ̃ δὲ Πόντȣ καθαιρομένȣ, ἐπιφέρεταί τι κατὰ τὸν Ἑλλήσποντον, ὃ καλȣ̃σι φῦκος· ἔστι δὲ ὠχρὸν τȣ̃το· οἱ δὲ φασι τȣ̃το ἄνθος εἶναι τȣ̃ φύκȣ· ἀφ' ȣ̃ τὸ φύκιον εἶναι.—Φασὶ δέ τινες τῶν θαλαττίων ϗ τὴν πορφύραν ἴσχειν ἀπὸ τούτȣ τὸ ἄνθος. Ariſtot. de Hiſt. Anim. l. vi. c. xiii.

[m] Les couleurs que les Teinturiers de Perſe donnent aux ſoyes, et aux autres matieres qu'ils emploient en étoffes, ſont plus vives et plus belles que celles des Teinturiers d'Europe.—Les drogues qu'ils employent pour leurs teintures ſont le *Bol rouge*, &c.

Savary, D. de Comm. vol. I. p. 1110.

To this abundance of colouring materials, and to the fame of the manufactures carried on by their means, I attribute the ſeveral antient Traditions which I have met with, relative to the ſame ſubject in this part of Aſia. Thus, Medea was eſteemed the Inventreſs of a particular branch of the Art[n], and the Argonauts, on their return from her Father's dominions, were ſuppoſed to have acquired ſuch extraordinary Skill in it, that, according to Ariſtotle, even the Pebbles on the Shores, where they had paſſed, were believed to have been tinged by them[o]. The preſent inhabitants of Georgia continue to ſhew the moſt ſuperſtitious regard to the ſame Trade, and their Veneration for it has extended ſo far, as to have become a part of their Religion[p].

The manner, in which the Egyptians executed this Art, is particularly deſcribed by Pliny[q]: and

---

[n] Μήδειά τε ἡ Ἀιήτου ἡ Κολχὶς, πρώτη βαφὴν τριχῶν ἐπενόησεν.
Clem. Alex. Strom. l. i. p. 225.

[o] Ariſtot. de Mirab. Auſcult. lib.

[p] Tournefort Voyage du Lev. Lett. xviii. p. 175.

[q] Pingunt & veſtes Ægypto inter pauca mirabili genere, candida vela poſtquam attrivere illinentes non Coloribus, ſed colorem ſorbentibus

we find, from his account, that the methods which were employed, required much Skill in Chymiſtry.

The white Cloth, after having been prepared by drawing on it with colourleſs Ingredients, was ſteeped in the dying Vat, which contained a Liquor of one equable and uniform Colour: Upon taking it out from thence, it appeared diverſified with various Dyes.

The Statues of Iſis were habited in ſuch party-coloured Clothes [r], which were doubtleſs of Linen or Cotton: for Woollen was ſo much abhorred by the Egyptians, that it was excluded from their Temples and Interments [s]. Their Averſion extended alſo to the Flocks, and the Shepherds who

---

tibus medicamentis. Hoc cum fecere, non apparet in velis: ſed in cortinam pigmenti ferventis merſa, poſt momentum extrahuntur picta. Mirumque cum ſit unus in cortina colos, ex illo alius atque alius fit in veſte, accipientis medicamenti qualitate mutatus. Nec poſtea ablui poteſt: ita cortina non dubie confuſura colores, ſi pictos acciperet, digerit ex uno, pingitque dum coquit. Et aduſtæ veſtes firmiores fiunt, quam ſi non urerentur. Plinii, l. xxxv. c. xi.

[r] Στολαὶ αἱ μὲν Ἴσιδος ποικίλαι ταῖς βαφαῖς. Plutarch de Iſide, p. 372.

[s] Ου μὲν τοι ἔς γε τὰ ἱρὰ ἐσφέρεται εἰρίνεα, οὐδὲ συγκαταθάπτεταί σφι· οὐ γὰρ ὅσιον. Herodot. l. ii. LXXXI. de Ægypto.

who tended them[t]. And it was for this reaſon that the family of Joſeph, notwithſtanding his influence in the State, was forbidden to reſide among the inhabitants, and confined to a ſeparate Diſtrict. Theſe opinions ſeem to have been founded on the Prohibition of the Uſe of Animals, a doctrine much inculcated in the Eaſt, and borrowed thence by Pythagoras, who, on his return from Egypt, continued the application of it to Cloathing, as well as to Food[u].

Linen, on the contrary, was there, from the remoteſt Ages, univerſally in uſe. We find that, in the time of Moſes, the Land was employed in the

---

[t] "For every Shepherd is an abomination unto the Egyptians." Gen. c. xlvi. v. 34.

[u] Etiamne cuiquam mirum videri poteſt, ea *lineo* texto involvere, quod puriſſimum eſt rebus divinis velamentum? quippe *lana*, ſegniſſimi corporis excrementum, pecori detracta, jam inde Orphei & Pythagoræ ſcitis, *profanus veſtitus* eſt. Sed enim mundiſſima *lini* ſeges, inter optimas fruges terra exorta, non modo indutui & amictui ſanctiſſimis Ægyptiorum ſacerdotibus, ſed opertui quoque rebus ſacris inde uſurpatur. Apuleii, Apologia, Edit. Caſaub. p. 69.

Λίνον δὲ σπείρεται μὲν ὡς ἔτυχε, ἀλλ' ὅμως ἐπειδὴ μὴ ἀπ' ἐμψύχου ἐδρέφθη, καθαρὸν μὲν Ἰνδοῖς δοκεῖ, καθαρὸν δὲ Αἰγυπτίοις.
Philoſtrat. l. viii. c. vii. ſec. v.

See above, p. 21, line 5 of the text.

Cultivation of Flax[w]. This yielded four ſorts of Linen[x]. It formed the Dreſs of the People[y], who were hence called Grex liniger, and Turba linigera, and particularly of the Prieſts[z], and the Votaries of Iſis[a]. Lucian aſcribes the ſame habit to Anubis[b]. It became an article of Commerce in Egypt; for Jeruſalem[c], Tyre[d], and other places were ſupplied from thence with this merchandize. The Fillets, with which the moſt antient Mummies are bound, reſemble in their texture the coarſe Linen of Ruſſia [e], of which much is yielded by the parts of that Empire, which border on the Country, whoſe Linen, as Herodotus reports, was like that of Egypt.

---

[w] Exodus c. ix. v. 31.

[x] Plinii, l. xix. c. i.

[y] Αἰγύπτιοι δὲ εἵματα λίνεα φορέουσι αἰεὶ νεόπλυτα, ἐπιτηδεύοντες τοῦτο μάλιστα.——Herodot. l. ii. XXXVII.
Ἐνδεδύκασι δὲ κιθῶνας λινέους——Ib. LXXXI.

[z] Ἐσθῆτα δὲ φορέουσι οἱ ἱρέες λινέην μούνην.——Herodot. l. ii. XXXVII.

[a] Tunc influunt turbæ ſacris divinis initiatæ, viri feminæque omnis dignitatis & omnis ætatis, linteæ veſtis candore puro luminoſi.—Apuleii, Metam. L. XI. de pompa Iſidis.

[b] Σὺ δὲ ὦ Κυνοπρόσωπε, καὶ Σινδόσιν ἐσταλμένε Αἰγύπτιε,
Lucian. Deor. Conc. ſec. iv.

[c] And Solomon had horſes brought out of Egypt, and linen Yarn: and the king's merchants received the linen Yarn at a price.
1 Kings c. x. v. 28.

[d] Say unto Tyrus, O thou that art ſituate at the entry of the ſea, which art a merchant of the people,—Fine Linen—from Egypt was that which thou ſpreadeſt forth.——Ezek. c. xxvii. v. 3—7.

Cotton was likewiſe uſed by them, and the invention of weaving it is attributed to one of their Kings [f]. Pliny deſcribes their Cotton plant, and mentions the particular place where it was produced [g].

I believe it will appear probable, from the following work, that, in the Egyptian proceſs of Dying, the colourleſs matters with which the Cloth was impregnated, previouſly to its immerſion in the Vat, conſiſted of Acid and Alkaline liquors. At leaſt, it is eaſy to imitate the Experiment by their means. And as the clothes, thus ſtained, are ſaid to have been extremely durable, the Acids ſeem to have been of the Vegetable kind, which do not impair the Stuffs, nor diminiſh their durability. For which reaſon, theſe are at preſent uſed in the Eaſt for the fineſt Dyes[h]. Alkaline Salts abounded here, and we are informed that they were applied to the Dyer's uſe[i]. The Nitrum of the Antients was evidently a fixed Alkali, as that word extended to the Vegetable ſalt procured from the Aſhes of Plants by Lixiviation[k], as well as to the Mineral one which Egypt produced, and which is ſufficiently characterized and diſtinguiſhed from the modern Nitre, not only by its readily forming Glaſs, when mixed with Sand, and expoſed to the fire; but by its corroſive quality; by ſeveral of its medicinal effects; and by its remaining unaltered in the fire, even when mixed with Sulphur[l].

---

[e] The outward painted covering being removed, nothing but linen fillets were to be ſeen, which encloſed the whole Mummy. The uppermoſt fillets were woven ſomething after the manner of Ruſſia-Sheeting.——Phil. Tranſ. ann. 1764, p. 5.

[f] Clem. Alex. Strom. L. i. p. 225.

[g] Superior pars Ægypti in Arabiam vergens, gignit fruticem, quem aliqui Goſſipion vocant, plures Xylon, & ideo lina inde facta Xylina. Parvulus eſt, ſimilemque barbatæ nucis defert fructum, cujus ex interiore bombyce lanugo netur. Nec ulla ſunt eis in candore mollitiave præferenda. Veſtes inde ſacerdotibus Ægypti gratiſſimæ.——Plinii, l. xix. c. i.

---

[h] Savary, D. de Comm. vol. I. p. 1110.

[i] In Nitro optimum quod tenuiſſimum, & ideo ſpuma melior. Ad aliqua tamen ſordidum, tanquam ad *inficiendas* purpuras *tincturaſque omnes.*—Nitrariæ egregiæ *Ægyptiis.*——Plinii, l. xxxi. c. x.

[k] Cremati roboris cinerem nitroſum eſſe manifeſtum eſt.
Plinii, l. xvi. c. viii.

Quercus optima, ut quæ per ſe cinere ſincero vim ſalis reddat: ita infuſo liquore ſalſo, carbo etiam in ſalem vertitur. Quicunque ligno conficitur Sal niger eſt.——Plinii, l. xxxi. c. vii.

Egypt alſo afforded ſeveral other materials likewiſe applicable to the ſame purpoſe. Its Plants and Drugs are celebrated by Homer[m], and are treated of by Pliny[n], Strabo[o], and other Writers; and it furniſhes, even at preſent, many of theſe which are colouring Matters, ſuch as Indigo and Lac[p], beſides various Salts, and other Drugs neceſſary to Dying. Amongſt the minerals produced here, was a ferruginous Earth[q], of which the Utility has been already remarked.

---

[l] Plinii, l. xxxi. c. x. et l. xxxvi. c. xxvi.

[m] Ἀιγυπτίη, τῇ πλεῖστα φέρει ζείδωρος ἄρουρα
Φάρμακα.——
Hom. Odyſ. lib. iv. l. 229.

[n] Plinii, l. xxv. c. ii.

[o] Strabo, l. xvii. p. 809.

[p] Savary, D. de Comm. vol. I. p. 1029.

[q] Ex reliquis rubricæ generibus, fabris utiliſſima Ægyptia.—Picturis autem apta naſcitur in ferrariis metallis. Ex ea fit Ochra.
Plinii, l. xxxv. c. vi.

Painted and printed Clothes, as well as plain Linen and Cotton, are alſo at this day imported from Egypt[r]. And thus it appears that each of thoſe Countries, which formerly carried on this ingenious Art in the earlieſt Ages, have continued in the practice of it down to the preſent time.

Several parts of the Levant alſo excelled antiently in the Tapeſtry or Carpet Manufactures, and executed theſe in the fineſt Colours; employing ſometimes the Needle[s], and ſometimes the Shuttle[t], as we find they continue to do at preſent.

But amongſt the countries of the Eaſt, which practiſed Dying, the Phœnicians were the moſt celebrated; particularly for their Purple Colour. And ſo great was the demand for this article, that Strabo tells us the City of Tyre was grown to a vaſt extent, from the number of workmen employed in its Manufacture [u]. Nor was it only in his time that they attained ſuch great excellence in that Art. They ſeem to have poſſeſt it even from the earlieſt Antiquity; inſomuch that the Origin of the Purple Dye was aſcribed to Melcarthus, the Hercules of that Nation.

---

[r] Savary, D. de Comm. vol. I. p. 1029.

[s] Non ego prætulerim Babylonica picta ſuperbe
Texta, Semiramia quæ variantur acu.
Martial. l. viii. ep. 28.

[t] Hæc tibi Memphitis tellus dat munera: victa eſt
Pectine Niliaco jam Babylonis opus.
Martial. l. xiv. ep. 150.

Colores diverſos picturæ intexere Babylon maxime celebravit, & nomen impoſuit. Plurimis vero liciis texere, quæ polymita appellant, Alexandria inſtituit.——Plinii, l. viii. c. 48.

The Books of Moſes make frequent mention of Ornaments compoſed of *Blue*, and *Purple*, and *Scarlet* [w], which Colours are there conſtantly arranged

in

---

[u] Πολὺ γὰρ ἐξήτασται πασῶν ἡ Τυρία καλλίστη πορφύρα· ϗ ἡ θήρα πλησίον, ϗ τ᾽ ἄλλα εὔπορα τὰ πρὸς βαφὴν ἐπιτήδεια· ϗ δυσδιάγωγον μὲν ποιεῖ τὴν πόλιν ἡ πολυπληθία τῶν βαφίων· πλουσίαν δὲ διὰ τὴν τοιαύτην ἀνδρίαν. Strabo, l. xvi. p. 757.

[w] “And thou ſhalt make a vail of *blue*, and *purple*, and *ſcarlet*.” Exodus xxvi. 31.

“Aholiab—an embroiderer in *blue*, and in *purple*, and in *ſcarlet*.” Exodus xxxviii. 23.

The ſame Colours, arranged in the ſame Order, occur in the following parts of Exodus xxv. 4.—xxvi. 1, 31, 36—xxvii. 16—xxviii. 6, 8, 15—xxxv. 6, 23, 25, 35—xxxvi. 8, 35, 37— xxxix. 1, 2, 3, 5, 8, 24, 29.—After an interval of ſeveral Centuries from the period deſcribed in this Book, we find that the Colours, employed in the in the ſame Order: And it appears to me to be worthy of notice, that this Order is the regular *Priſmatic Series* of thoſe Colours; and that each of them may be produced from one and the ſame Ingredient, as I have ſhewn in ſeveral parts of the following Work.

The animal juice, from which the Tyrians procured their Dye, afforded all theſe Colours: Altho' the ſame matter was employed in the production of the different gradations of each [x]. For we are informed that it yielded a Roſe-colour, or pure Red, of a lighter or darker Caſt, according to the Dilution

---

the ſacred Ornaments of the Temple, are ſtill mentioned in the ſame *Order*, only a ſlight variation is made in the appellation of the red Colour: "And he " (Solomon) made the vail of *Blue*, and *Purple*, and *Crimſon*," 2 Chron. iii. 14. The word *Scarlet* is generally uſed to ſignify a bright Red: Pliny expreſſes by it a Roſe-Colour, " Coccus, " qui in roſis micat," l. xxi. c. viii. The deeper, or more intenſely coloured Reds are called Crimſon: thus blood is ſaid to be of that Colour, when in a maſs; but when diluted, or ſpread thin on a white ſurface, it is of a bright Red. The intenſer hue of the Tyrian Dye was preferred. See the following note [y], p. 43.

[x] Concharum ad Purpuras, et Conchylia eadem quidem eſt materia, ſed diſtat temperamento.—Plinii, l. ix. c. xxxvi.

tion or Intenſeneſs of the colouring matter[y]; that it alſo gave a Violet or Purple[z], and likewiſe a Blue[a]. Many paſſages relative to this ſubject, beſides thoſe which I have here cited, are diſperſed through the Works of antient Authors. Ferrarius thus recapitulates what Pliny has related concerning it: "Ex "Plinii verbis tria Purpuræ genera ejus interpretes "recte ſtatuerunt, ſingula florum colores provocan"tia. Primum *coccineum, eundemque roſeum Tyriarum*, ac dibapharum peculiarem, de quo idem "Plinius: Laus ei ſumma color ſanguinis concreti "nigricans aſpectu, idemque refulgens. Secundum "*Amethyſtinum*

---

[y] Purpuræ florem illum tingendis expetitum veſtibus in mediis habent faucibus. Liquoris hic eſt minimi in candida vena, unde pretioſus ille bibitur *nigrantis roſæ* colore ſublucens.

Plinii, lib. ix. cap. xxxvi.

Vellus elutriatum mergitur in experimentum. Et donec ſpei ſatisfiat, uritur liquor. *Rubens* color *nigrante* deterior.

Ib. l. ix. c. xxxviii.

[z] Summa medicaminum in libras vellerum, buccini cc, pelagii cxi. Ita fit *Amethyſti* color eximius ille.—Ib.

Alius in malva ad *purpuram* inclinans. Alius in *viola* ſerotina, conchyliorum vegetiſſima.—Lib. xxi. c. viii.

[a] Unde conchyliis pretia, queis virus grave in fuco, color auſterus in *glauco*, & iraſcenti ſimilis mari?—Lib. ix. c. xxxvi.

" *Amethyſtinum violarum æmulum,* coloris nempe " *violacei* ſaturati. Tertium conchyliatum, cujus " colorem in univerſum ait fuiſſe Plinius auſterum " in *glauco,* & iraſcenti ſimilem mari, id eſt *cæruleum*[b]."

The Experiments made by modern Obſervers on the Liquor of the Buccinum and Purpura, ſhew that the ſame Colours are capable of being obtained from it by Chymical means[c].

I am induced to think that the Blue, Purple, and Red Colours, ſo frequently mentioned in the Scripture, were the product of Phœnicia, as well from theſe Circumſtances, as from the Antiquity of the Dying Manufactures eſtabliſhed in that Country; where they ſeem to have flouriſhed long before the foundation of Tyre. Melcarthus, to whom the Diſcovery of the Purple Dye is aſcribed, preceded that Period many ages[d]. Homer, who makes no mention of Tyre[e], on account of the recency of its ſettlement at the time of the Trojan War, ſpeaks neverthleſs of the *variegated Clothes* of Sidon, as Works of great magnificence, which ſeem to have required much Skill in the art of colouring the materials employed in their fabrick[f]. Sidon was alſo at a later date eſteemed for its Purple[g].

---

[b] Ferrarius de Re Veſtiaria, l. ii. c. vii.

[c] Mem. de l'Acad. R. des Sciences, de Paris, ann. 1711, par M. de Reaumur.——Ib. ann. 1736. par M. du Hamel.

[d] Cumberland, Orig. Gent. London, 1724, p. 114.——Phœn. Hiſt. p. 160.

On this ſubject, a remarkable agreement is found between the ſacred and profane Accounts of the earlieſt Times. For Joſeph, in the neighbouring Land of Canaan[h], wore a *Coat of many Colours,*

---

[e] Ὁι μὲν οὖν ποιηταὶ, τὴν Σιδόνα τεθρυλλήκασι μᾶλλον. Ὅμηρος δὲ ὀυδὲ μέμνηται τῆς Τύρου.—Strabo, l. xvi. p. 756.

[f] Ἔνθ' ἔσαν ὁι πέπλοι παμποίκιλοι, ἔργα γυναικῶν
Σιδονίων, τὰς ἀυτὸς Ἀλέξανδρος θεοειδὴς
Ἤγαγε Σιδονίηθεν.— Iliad. l. vi. lin. 289.

[g] Lanæ Amethyſtinæ.
Ebria *Sidoniæ* cum ſim de ſanguine conchæ,
Non video quare ſobria lana vocer.
Martial, l. xiv. ep. cliv.

[h] The Canaanites and Phœnicians were originally the ſame people. Cumberland, and other learned Writers of ſacred Antiquity, conſtantly uſe theſe names as ſynonimous: and Herodotus includes, under the common appellation of Palœſtine, Phœnicia with the reſt of Syria, and the whole country as far as to Egypt.—Herodot. l. vii. c, lxxxix.

lours[i]. And, at the ſame period, ſtuffs dyed Red appear to have been there in common Uſe[k].

Egypt was, in the remoteſt ages, frequented by the Ships of Phœnicia. Herodotus[l] relates that the inhabitants of that Country, *immediately* after their ſettlement in it, ſent their Fleets to traffic with the Egyptians; and Strabo mentions their Works of Purple, as equal in Antiquity to their exerciſe of Navigation[m], of which art they were the Inventors[n]. In the Odyſſey, the Commerce between

---

c. lxxxix.—οὗτοι δὲ οἱ Φοίνικες τοπαλαιὸν ὄικεον (ὡς αὐτοὶ λέγουσι) ἐπὶ τῇ Ἐρυθρῇ θαλάσσῃ· ἐνθεῦτεν δὲ ὑπερβάντες τῆς Συρίης ὀικέουσι τὸ παρὰ θάλασσαν· τῆς δὲ Συρίης τοῦτο τὸ χωρίον καὶ τὸ μέχρι Ἀιγύπτου πᾶν, Παλαιστίνη καλέεται.

[i] Geneſis, c. xxxvii. v. 23.

[k] Ib. c. xxxviii. v. 28.

[l] Φοίνικας—ὀικήσαντας τοῦτον τὸν χῶρον τὸν καὶ νῦν ὀικέουσιν, ΑΥΤΙΚΑ ναυτιλίῃσι μακρῇσι ἐπιθέσθαι. ἀπαγινέοντας δὲ φορτία Ἀιγύπτια τε καὶ Ἀσσύρια.
Herodot. l. i. I.

[m] Τῇ τε ναυτιλίᾳ, καθ' ἣν ἁπάντων τῶν Ἀεὶ κρείττους εἰσὶ κοινῇ Φοίνικες, καὶ τοῖς Πορφυρίοις.——Strabo, l. xvi. p. 757.

[n] Ὀὶ πρῶτοι νήεσσιν ἐπειρήσαντο θαλάσσης,
Πρῶτοι δ' ἐμπορίης ἀλιδινέος ἐμνήσαντο.
Dionyſ. Perieg. lin. 908.

between theſe Nations is alſo noticed[o]: and it ſubſiſted after Tyre had attained to its height, from whence its principal Port was called the Egyptian Haven[p].

Phœnicia, which ſignifies a Red Colour, appears to me to have taken its name from the Dye, for which it was ſo renowned. Many antient Writers derive that Appellation from the Colour of the Red Sea, from whoſe Coaſts this people are ſaid to have migrated[q]: but the moſt judicious of them juſtly explode that Etymology[r], without, however, ſubſtituting any other in its place. I therefore think that, agreeably to the frequent cuſtom of nations, this country was diſtinguiſhed by the name of its original, and moſt antient, Produce and Manufacture.

---

[o] Odyſſ. l. xiv. lin. 288.

[p] Τύρος—δύο δ' ἔχει λιμένας, τὸν μὲν κλειστὸν, τὸν δ' ἀνειμένον, ὃν 'Αιγύπτιον καλȣ̃σιν.—Strabo. l. xvi. p. 757.

[q] Οἱ δ' ἁλὸς ἐγγὺς ἐόντες, ἐπωνυμίην Φοίνικες,
Τῶν δ' ἀνδρῶν γενεῆς οἱ Ἐρυθραῖοι γεγάασιν.
Dionyſ. Perieg. lin. 906.

See alſo the preceding Note [h], p. 45.

[r] Ὁμόιοι δ' εἰσὶ τȣ́τοις, ϗ οἱ Σιδονίȣς ἐν τῇ κατὰ Πέρσας θαλάττῃ διηγȣ́μενοι, ἢ ἄλλοθί πȣ τȣ̃ Ὠκεανȣ̃, ϗ τȣ̀ς Φοίνικας δὲ ὁμοίως. Τῆς δ' ἀπιστίας ἀίτιον ȣ̓κ ἐλάχιστόν ἐστι, τὸ ἐναντιȣ̃σθαι ἀλλήλοις τȣ̀ς λέγοντας. Οἱ μὲν γὰρ ϗ τȣ̀ς Φοίνικας, ϗ τȣ̀ς Σιδονίȣς τȣ̀ς καθ' ἡμᾶς ἀποίκȣς εἶναι τῶν ἐν τῷ Ὠκεανῷ φασι, προστιθέντες ϗ διὰ τί Φοίνικες ἐκαλȣ̃ντο, ὅτι ϗ ἡ θάλαττα Ἐρυθρά.
Strabo, l. i. p. 42.

As it appears probable from theſe conſiderations, that the Jews obtained theſe Colours while they ſojourned in Egypt, ſo I attribute the peculiar Frequency with which they are mentioned in Exodus, to their having poſſeſſed themſelves of them before they departed from thence, in the manner detailed in that Book. We afterwards find that Solomon procured thoſe Dyes immediately from Tyre, by permiſſion of Huram, who reigned there[*].

The regular Arrangement of theſe Colours in their *Priſmatic Order*, ſo conſtantly obſerved, not only in the numerous recitals of them in the earlier parts of the Scripture, but in the Accounts which relate to the uſe of them, after an interval of many Ages, cannot, I believe, have been made accidentally, or without deſign: but muſt have ariſen from an accurate Knowledge of the Subject.

---

[*] 2 Chron. c. ii, v. 7, 14.

And I am the more confirmed in this opinion, by the Teſtimony of thoſe antient Authors, who aſſure us that the Phœnicians, who ſupplied theſe Colours, were not more renowned for the production of their Dye, than for the Skill of their Philoſophers, amongſt whom Moſchus, before the time of the Trojan War, cultivated the Doctrine of Atoms[t] already treated of; the Connection of which, with the Differences and Gradations of Colours, appears throughout the following Work.

This Country poſſeſſed many natural advantages for qualifying it to arrive at a very high degree of excellence in the Art of Dying. Its Coaſts afforded the Shell-fiſh, from which their principal Dyes were obtained. And as its numerous Fleets, and extenſive Commerce, opened to it a communication with the moſt diſtant Nations of the World, it was enabled to procure from thence whatever was neceſſary to its Manufactures.

---

[t] ᾽Αϛρονομίαν δὲ ϗ ἀριθμητικὴν παρὰ Φοινίκων· νυνὶ δὲ πάσης ϗ τῆς ἄλλης φιλοσοφίας εὐπορίαν πολὺ πλείϛην λαβεῖν ἐϛιν ἐκ τούτων τῶν πόλεων. Εἰ δὲ δεῖ Ποσειδωνίῳ πιϛεῦσαι, κὰι τὸ περὶ τῶν ἀτόμων δόγμα, παλαιόν ἐϛιν ἀνδρὸς Σιδωνίου Μόσχου πρὸ τῶν Τρωϊκῶν χρόνων γεγονότος.

Strabo, l. xvi. p. 757.

It is well known that the Phœnicians reſorted to Britain, at a very early period of Hiſtory: and I think it very probable that the *Tin*, which they brought from this Iſland, was uſed by them in *Dying*; as we find this Metal is neceſſary to the production of *Red* Colours, whether from animal or vegetable materials.

We learn from the teſtimony of Pliny, who gives us the proportion of the Ingredients, and many other particulars relative to the Tyrian Dye, that the Vat in which it was boiled, was made of Tin[u]: "Fervere in Plumbo." And it is manifeſt, from many paſſages in his writings, that by Plumbum he here means Tin. For, according to him, Plumbum was divided into White and Black; the former of which was the moſt valuable, and to that he attributes the Names and Qualities of Tin; although he generally, on account of its excellence, calls it Plumbum, omitting the Epithet Candidum.

Thus he informs us that the Inſulæ *Caſſiterides* received their name from this Metal[w]; that it was known before the time of Homer, and was called by him, and by the Greeks in general, *Caſſiteron*[x]; that it was the Metal uſed in ſoldering Lead[y], for which purpoſe Tin is ſtill employed by the Plumbers. The operation of Tinning, by its means, is alſo deſcribed[z]. The Plumbum nigrum is repreſented by him as common Lead, out of which Pipes and Sheets were formed[a].

---

[u] Fervere in Plumbo, ſingulisque aquæ amphoris centenas atque quinquagenas medicaminis libras æquari, ac modico vapore torreri, & ideo longinquæ fornacis cuniculo.—Plinii, l. ix. c. xxxviii.

That in theſe Arts the Eaſtern Nations had attained to a great Superiority at a very early period, appears from a comparative view of their ſtate in Greece

---

[w] Sunt Inſulæ *Caſſiterides* dictæ a Græcis a fertilitate Plumbi.
Plinii, l. iv. c. xxii.
Plumbum ex *Caſſiteride* Inſula primus apportavit Mediacritus.
Ib. l. vii. c. lvi.

[x] *Plumbum*-album habuit autoritatem & Iliacis temporibus, teſte Homero, *Caſſiteron* ab eo dictum.——Ib. l. xxxiv. c. xvi.
Plumbum pretioſiſſimum candidum a Græcis appellatum *Caſſiteron*.
Ib.

[y] Jungi inter ſe plumbum nigrum ſine *albo* non poteſt.—Ib.

[z] *Plumbum album* incoquitur æreis operibus, Galliarum invento, ita ut vix diſcerni queat ab argento, eaque incoctilia vocant.
Ib. c. xvii.

[a] Nigro plumbo ad fiſtulas laminaſque utuntur.—Ib. c. xvii.

Greece much later; for Herodotus profeſſes that he is intirely ignorant of the Inſulæ Caſſiterides [b], when they had long afforded materials for extenſive Commerce and curious Arts to the Phœnicians.

The Uſe of the Tyrian Dye ſubſiſted, till the unreaſonable Jealouſy of the Eaſtern Emperors put an end to this, with almoſt all other productions of Art. For weakly judging that their Dignity depended on the Colour of their Cloaths, or the materials of which they were made, they prohibited the Uſe of every thing that was worn by themſelves. We have, in the Juſtinian Code, the Laws by which Gold, Jewels, Silk, and other Ornaments, are forbidden to be wrought, except within the walls of the Palace. And this Order was ſo rigorouſly enforced, that it was made a capital Offence even to preſent the Emperor with ſuch gifts [c]. The Manufactures of Purple, which till that time had ſo greatly flouriſhed, did not eſcape the bad effects of this Monopoly. The Laws are extant by which private perſons are forbidden the Uſe of that Dye,

---

[b] Οὔτι νήσȣς οἶδα Κασσιτερίδας ἐȣσας, ἐκ τῶν ὁ κασσίτερος ἡμῖν φοιτᾷ. Herodot. l. iii. CXV.

[c] Cod. l. xi. tit. viii. xi.

Dye[d], or any other reſembling it[e], under the penalty of treaſon: and the Fairs where it had uſually been ſold were ſuppreſſed[f].

Such impolitic regulations occaſioned a quick decay of theſe Works in the Eaſtern Empire. This inconvenience, as far as it related to their perſonal uſe, the Emperors at length ſaw, and endeavoured to remedy, by obliging the Deſcendents of the Tyrian Dyers, as well as other Artiſts, to practiſe the Trades of their Anceſtors[a]: a Policy which did not, however, prevent the total Loſs of this, and all other Arts, in thoſe parts of the empire, where theſe Prohibitions prevailed.

---

[d] Quæ tincta conchylio, quæ nullius alterius permixtione contexta ſunt: proferantur ex ædibus, tradanturque tunicæ aut pallia ex omni parte texturæ cruore infecta conchylii. Nulla ſtamina ſubtexantur tincta conchylio, nec ejuſdem infectionis arguto pectine ſolidanda fila decurrant: reddenda ærario olobera veſtimenta virilia protenus offerantur. Nec eſt ut quiſquam de abjurato pretio conqueratur: quia ſufficit calcatæ legis impunitas. Ne quis vero nunc hujuſmodi ſuppreſſione in laqueos novæ conſtitutionis incurrat: alioqui ad ſimilitudinem læſæ majeſtatis periculum ſuſtinebit.
Cod. l. xi. tit. viii.

[e] Vellera adulterino colore fucata, in ſpeciem ſacri muricis intingere non ſinimus. Ib.

[f] Purpuræ nundinas, licet innumeris ſint conſtitutionibus prohibitæ, recenti quoque interminatione vetamus: & ideo ſeptimum de ſcrinio exceptorum—ad baphias Phœnices per certum tempus mitti præcipimus, ut omnis fraus eorum prohibeatur ſolertia, timentium ne quæſitis longo ſudore ſtipendiis careant. Ib.

The Colouring and Preparation of Leather, in which ſeveral Parts of the Levant ſtill excel, were practiſed in the Eaſt ſo early, that *Skins dyed red* are frequently mentioned in the Books of Moſes, amongſt the ſacred Ornaments: and other inſtances of the antient exerciſe of ſuch Works frequently occur.

I have thus endeavoured to trace theſe Manufactures, from the remoteſt Antiquity. To ſome Readers the Conſideration of them may appear of little Conſequence or Utility: but if we view them as Objects of Commerce, and reflect on the relation they bear to Sciences which give great Superiority to the Countries where they are found out or cultivated, we ſhall ceaſe to look on them with diſregard, and ſhall rather imitate the Wiſdom of antient nations in the Reſpect which they paid to the Authors or Improvers of them. It was thus from a ſenſe of the great national Utility of their Purple Dye, that the Phœnicians attributed its invention, which was the principal Foundation of their Trade and Wealth, to the chiefeſt of their Gods.

---

[a] Cod. l. xi. tit. vii.

Amongſt the ſeveral Arts, which owed their Origin to the Knowledge and Ingenuity of this People, that of making Glaſs was one of the moſt conſiderable: and the execution of it required no leſs chymical Skill, than that which has been laſt examined; eſpecially when colouring matters were added to the tranſparent Maſs. As that Country originally exerciſed theſe Works, and furniſhed the Sand which they required[h], Sidon formerly excelled in them[i].

They were likewiſe carried on in other Parts of the Eaſt. In India glaſs was antiently made of Cryſtal[k]. The Egyptians alſo had ſuch Manufactures, at a very early date. Strabo, who viſited Alexandria, was told by the Workmen there that their Country afforded an Ingredient, without which the beſt Glaſs, and particularly that which is *coloured*, could not be made[l]. I do not doubt that this neceſſary material was the mineral Alcali, which, as has been already remarked, was found there in great abundance[m].

---

[h] Plinii, l. xxxvi. c. xxvi.

[i] Ib.——Μεταξὺ δὲ τῆς Ἄχης καὶ Τύρου, θινώδης αἰγιαλός ἐστιν ὁ φέρων τὴν ὑαλῖτιν ἄμμον· ἐνταῦθα μὲν οὖν φασὶ μὴ χεῖσθαι· κομισθεῖσαν δὲ εἰς Σιδόνα τὴν χωνείαν δέχεσθαι· τινὲς δὲ καὶ τοῖς Σιδονίοις εἶναι τὴν ὑαλῖτιν ψάμμον ἐπιτηδείαν εἰς χύσιν. Strabo, l. xvi. p. 758.

[k] Plinii, l. xxxvi. c. xxvi.

The Teſtimony of Hiſtorians on this ſubject is confirmed by ſeveral antient Egyptian Reliques ſtill extant. Among theſe I have ſeen variouſly coloured Glaſſes, ſome of which are in my own poſſeſſion. And there is, in the Britiſh Muſeum, a Mummy of great Antiquity which is covered with ſuch Beads.

Several ſmall Figures frequently found depoſited with the Mummies, which they reſemble in Shape, are covered with a *blue Glazing*, ſimilar to that of the Chineſe Porcelain. I have examined ſome of this blue Covering taken from two of theſe Egyptian Figures, by mixing it with ſeveral vitreous ſubſtances, and expoſing it to a conſiderable heat in cloſe crucibles: from which trials it did not ſeem to differ from *Cobalt*.

---

[l] Ἤκουσα δ' ἐν τῇ Ἀλεξανδρείᾳ παρὰ τῶν ὑαλουργῶν, εἶναί τινα ϗ κατ' Αἴγυπτον ὑαλῖτιν γῆν, ἧς χωρὶς οὐχ οἷόν τε τὰς πολυχρόους ϗ πολυτελεῖς κατασκευὰς ἀποτελεσθῆναι. Strabo, l. xvi. p. 758.

[m] See p. 38 above.

There is a paſſage in Theophraſtus, which appears to me to relate to this Subject. That Author having mentioned the *Cyanus*, a *blue* mineral Subſtance, capable of preſerving its Colour in the Fire, adds, that the Egyptians uſed a *factitious Sort* invented by one of their Kings[n]. Naturaliſts agree that the Cyanus is the Lapis Lazuli of the Moderns[o]. And this opinion is confirmed by the account given of it by Pliny, who informs us that it was of an *azure* colour, (colore cœruleo[p]) and that it was ſometimes variegated with Gold Duſt[q].

Ultramarine conſiſts of this Stone pulverized, either with or without the Aſſiſtance of the Fire, as

h the

---

[n] Καὶ Κυανὸς, ὁ μὲν αὐτοφυής· ὁ δὲ σκευαστὸς, ὥσπερ ἐν Αἰγύπτῳ.——Σκευαστὸς δ᾽ ὁ Αἰγύπτιος. καὶ οἱ γράφοντες τὰ περὶ τοὺς βασιλεῖς, καὶ τοῦτο γράφουσι, τίς πρῶτος βασιλεὺς ἐποίησε τεχνητὸν Κυανὸν, μιμησάμενος τὸν αὐτοφυῆ. Theophraſt. de Lapid. XCVIII.

[o] Lapis Lazuli, Cyanus Græcorum, Stellatus Meſues, eſt lapis petroſus, mollior, cœruleus, ut plurimum pyritæ punctis notatus.
Baumer Hiſt. nat. Lapid. § clxv.

[p] Plinii, l. xxxvii. c. ix.

[q] Ineſt aliquando & aureus pulvis. Ib.

the Pigment prepared from the blue Mineral is deſcribed by Theophraſtus[r]. This is uſed as a Colour in Enamel, as well as in other methods of Painting. But the preparations of Cobalt exceed, in uſe and beauty, thoſe of Lapis Lazuli, in Works which undergo a conſiderable degree of Fire.

I think it very probable, from hence, that the factitious Blue, diſcovered by the Egyptian King, and afterwards uſed inſtead of the Original, was a Glaſs or Enamel tinged with Cobalt, ſuch as is now employed in Europe and China[s]. Pliny, who generally adds to his Quotations from Theophraſtus ſome circumſtances which illuſtrate them, gives this deſcription of the Invention: "Cyanus adulteratur "maxime tinctura, idque in gloria regis Ægyptii "aſcribitur, qui primus eam tinxit." Lib. xxxvii. c. ix. As this inſtructive Author uſes the word *Tinctura*, to ſignify the Compoſition by which the Cyanus was adulterated, I was perſuaded that the application of this Expreſſion, if found in other parts of his Work, would point out the particular matter to which it alludes. Accordingly it appears from the paſſage here cited[t], that it means *Glaſs* tinged with Blue, or other Colours: ſuch as the Blue Enamel or Glazing of Porcelain and other earthen ware, which conſiſts of Glaſs coloured with Cobalt. I therefore think myſelf authorized, from theſe conſiderations, to tranſlate the Sentence thus: "The Cyanus is chiefly adulterated by a tinged *Glaſs*, and the merit of the Invention is aſcribed to an Egyptian King, who firſt tinged that ſubſtance." It is probable that Democritus, on his return from hence, brought into Europe the Method of making coloured Glaſſes, and thereby counterfeiting Gems: as we are told that they were invented by him[u], but certainly might more properly be ſaid to have been introduced by him.

---

[r] Φόρον Κυανȣ̃, τȣ̃ μὲν ἀπύρȣ, τȣ̃ δὲ πεπυρωμένȣ.
Theophraſt. de Lapid. XCIX.

[s] Du Halde informs us that Lapis Lazuli abounds in that Country: perhaps it was there applied to the Painting of Porcelain, before the introduction of Cobalt.

---

[t] De origine Vitri, & ratione faciendi, & de obſidiano Vitro.—Fit & in *Tincturæ* genere obſidianum, ad eſcaria vaſa totum rubens, *Vitrum*, atque non tranſlucens, hæmatinon appellatum. Fit & album & murrhinum, aut hyacinthos *ſapphiroſque* imitatum, & omnibus aliis coloribus. Nec eſt alia nunc materia ſequacior, aut etiam *picturæ* accommodatior. Plinii, l. xxxvi. c. xxvi.

[u] Excidit porro vobis eundem Democritum inveniſſe, quemadmodum Ebur poliretur, quemadmodum decoctus calculus in ſmaragdum

The Chymical Skill of this Nation appears alſo in ſeveral other inſtances, and particularly in the application of Aromatics, Reſins, Salts, and other materials, to the Preſervation of Animal and Vegetable ſubſtances. I ſhall, however, only obſerve on this head that, after an interval of ſo many Ages, not only the Painting with which theſe Antiquities were adorned continues ſtill unimpaired, but Plants, remaining perfect and entire, are ſometimes found enveloped in them.

During the examination of a Mummy, which was inſpected by ſome learned Members of the Royal Society[*], I had an opportunity of obſerving that a bulbous Root, together with its outer membrane,

---

dum converteretur, qua hodieque coctura inventi lapides coctiles colorantur.—Senecæ, Epiſt. xc.

I have not ſcrupled to give to the words *lapides coctiles* this conſtruction. For experience ſhews that Flints, Pebbles, or other Stones cannot, by being boiled in any Liquor, be made to imitate coloured Gems. But ſuch vitreous Stones, by being expoſed to a ſufficient heat, with a proper Flux, are capable of being melted and boiled: by which means they become *Glaſs*, and by the addition of colouring matter counterfeit Gems. The word *coctilis* is often literally uſed in this ſenſe, to ſignify earthy or vitreous ſubſtances expoſed *per ſe* to a great heat: thus Brick walls are called muri *coctiles*.

[*] Philoſ. Tranſ. ann. 1764.

brane, incloſed by the fillets which bound one of the feet, retained its natural Colour and gloſſy appearance. Nor could it have been diſtinguiſhed, by the ſight, from ſuch a Root freſhly taken from the ground in a State of Vegetation. And this is not the only Account, of the Colour and Freſhneſs of Plants thus preſerved, for Proſper Alpinus gives a ſimilar inſtance[x], which is quoted in the Paper here referred to.

I have thus traced ſuch of the antient Arts and Manufactures as dealt in the Management and Uſe of colouring Subſtances: in each of which much chymical and philoſophical Skill ſeems to have been exerted. And in the purſuit of this Inquiry, the Subject appeared to me to be ſtill more worthy of notice from the frequent inſtances, which it affords, of the Permanency of theſe uſeful Works from the remoteſt Ages to the preſent time, in the Countries where they were originally eſtabliſhed.

---

[x] Incredibile dictu, rami roriſmarini qui una cum idolo inventi fuerunt, folia uſque adeo viridia & recentia viſa fuerunt, ut eâ die a plantâ decerpti & poſiti apparuerint.

Proſper Alpinus Rer. Ægypt. 1735, p. 36.

I ſhall proceed to obſerve, that the Oriental Nations continue the practice of many of theſe, ſome of which we have borrowed from them, while others ſtill remain unknown to us: And that Chymiſtry in general was derived to us from them.

Upon our diſcovery of China, the moſt Eaſtern part of Aſia, we found that Nation poſſeſſed of Gunpowder: a Compoſition which could not have been made without a conſiderable Knowledge of that Science. Dying alſo, and methods of preparing Colours, have been conſtantly exerciſed there, as well as in India; and theſe in ſo perfect a manner, that we have not hitherto been able to equal them. Many Salts, which are the principal Ingredients in various proceſſes, were originally Productions of the Eaſt, and continue to be imported from thence: as Nitre from India, and Sal Ammoniac from Egypt; the Europeans not having, even at preſent, attained a ſufficient facility in their formation, to ſupply the quantity required for their own Uſe.

Several other chymical Operations, in which we are unpractiſed, are carried on by the Aſiatics: among theſe are the Preparation of inflammable Spirits from Milk; the various Combinations of

Metallic matters for uſe and ornament, in which they peculiarly excell; and to theſe may be added the Manufactures of Porcelain; the Compoſition and Application of Varniſhes; and many others which are as yet imperfectly imitated by us.

Nor was the ſuperior Skill of this Part of the World confined merely to the *Practice* of ſuch Works; for, at the time when Arts and Learning were loſt in Europe, we find that they flouriſhed in the Eaſt. It was at that Period, that the firſt *extant* Books of Chymiſtry were written by Geber, in the Arabic Language: and this Oriental Author treats his ſubject, in a manner which ſhews that it was not recent or unfamiliar in his Age and Country. Boerhaave, ſpeaking of his Works, ſays, that "they "contain abundance of curious and uſeful things "about the nature of Metals, their purification, fu"ſion, malleability, &c. with excellent accounts "of Salts, and Aquæ Fortes. Several of his Ex"periments are verified by preſent practice, and "have paſſed for modern Diſcoveries: the exactneſs "of his Operations is really ſurprizing, except per"haps in what relates to the Philoſopher's Stone."

After Geber, who lived in the ſeventh Century, Chymiſtry continued long confined to the Eaſtern Nations, among whoſe Authors in the eleventh, Rhaſes, Avicenna, and others, who united the ſtudy of Medicine and of this Art, preceded any Writers, on that Subject, in Europe.

The Countries in which Learning chiefly flouriſhed, in that age, are enumerated in the following paſſage, which I find in Voſſius de Philoſophia, l. xiv. quoted from Leo Oſtienſis: "Conſtantinus "Afer, relictâ Carthagine, ubi ortus fuerat *Babylo-* "*niam* petiit: ubi diſciplinis omnibus *Chaldæorum,* "*Arabum, Perſarum, Ægyptiorum,* & *Indorum* pleniſſi- "mè inſtructus, poſt annos xxxix ad Africam rediit."

And it is remarkable that theſe Seats of Literature and Philoſophy were the ſame from which Democritus, and other Sages, had, at a very early Period, derived their Doctrines.

I have thus endeavoured to inveſtigate theſe Doctrines, and have ſhewn that ſome of them were conſentaneous to thoſe which Sir Iſaac Newton entertained, relative to the Permanency of the component Particles of Bodies.

It is not improbable, however, that theſe Opinions might have originally occurred to that great Philoſopher, from the Conſideration, not only of thoſe natural Appearances which he mentions in the paſſage above cited, but alſo more particularly from ſome of his own Experiments.

Light conſiſts of perhaps the ſmalleſt Particles of Matter which can fall under our inſpection: yet theſe, after having been variouſly united or ſeparated by ſeveral Refractions or Reflexions, are conſtantly found to have ſuffered no Alteration.

If I may be permitted to add to this, the Conſideration of ſome circumſtances which I have related in the following Work, I ſhall remark that this Indeſtructibility appears alſo from the Experiments, by which all the primary Colours are there ſhewn to have been produced from one and the ſame Subſtance. For, as the Changes of theſe Colours, are capable of being often repeated, without impairing their Luſtre, it is evident that the *component Particles* are not, by theſe means, broken or deſtroyed, but only united into larger, or ſeparated into ſmaller, Maſſes.

From the Obſervation of this Cauſe of the Changes of Colours in permanently-coloured Bodies, I have been able to apply the Principle, which reſulted from it, to the Improvement of ſeveral Arts: particularly to thoſe of Dying, Painting, and ſuch others as depend on the Management or Knowledge of coloured materials.

From thence I have frequently had an opportunity of pointing out to Dyers, the Cauſe and Remedy of certain Defects which have happened in their Works: as this Theory is eaſily applicable to their Art. Thus, when *Red* Clothes have inclined too much towards a *Yellow* hue, I have taught the workmen employed in dying them, that their colouring Matter was too much *attenuated* or *diſſolved*; and that, when ſuch Clothes inclined too much towards *Purple*, on the contrary a ſufficient Solution or Attenuation had not taken Place. And the ſame Rule equally obtains in Dyes of all other Colours, as I have often experienced.

The Experiments which are mentioned in this Inquiry, and the Principle deduced from them, may alſo tend to improve the Art of Painting, as many of the Materials employed in it are ſubject to alterations, which I have explained, and which may in a great meaſure be prevented by an Attention to thoſe parts of Chymiſtry and Optics, which are there treated of. Theſe Defects ariſe from ſeveral Cauſes, which ſhould be ſeparately conſidered and guarded againſt, as,

1. From the aptneſs of the Paints themſelves to part with or to receive ſome matter, by which they become decompoſed, and, in conſequence of their Decompoſition, undergo a Change of Colour. Thus all the *white* Pigments prepared from metallic ſubſtances are, by the acceſſion of Phlogiſton, readily changed to *black*, which in the Order of Colours is contiguous to *white*. And this aptneſs to become black is proportioned to the Whiteneſs of the metallic ſubſtances: for their Whiteneſs ariſes from their Solution, by which their Phlogiſton is loſt; and it is a Rule in Chymiſtry, that thoſe Metals attract Phlogiſton with the greateſt force, which have undergone the moſt ſubtile Diviſion.

It is on this account that the Magiſtery of Biſmuth, which is the whiteſt of metallic Preparations, is quickly turned black by a mere expoſure to the

Air, for from hence it readily regains inflammable matter. And it is by the ſame means that the colourleſs Solution of Lead, uſed as a ſympathetic Ink, is affected in the ſame manner by phlogiſtic Vapours, and that White Lead reſumes its metallic Colour and Luſtre, when expoſed to ſuch Effluvia. The Oils alſo uſed in Painting readily communicate inflammable matter to ſuch ſubſtances.

2. All the Pigments, into whoſe Compoſition Acid, Alcaline, or Calcareous matters enter, are ſubject to be decompoſed, and ſuffer Changes of Colour; either by the Eſcape of thoſe Principles, or by their Mixture with other Ingredients of an oppoſite quality. And amongſt theſe muſt be reckoned, not only the Paints themſelves, but the Oils, Varniſhes, and ſeveral other Subſtances.

3. The Colours of Pigments are affected by the Preſence of Air, or even by its Abſence, in a manner which merits the inquiry of Painters. Thus white Paints, to which the Air has not acceſs, are well known to turn Yellow; and many of the other Colours, from the ſame Cauſe, are equally impaired, although the alterations thus produced in them are not ſo commonly noticed. A very remarkable

effect of the Air, in changing a primary Colour into another next in Order to the former, offers itſelf in the Uſe of Indigo, a ſubſtance formerly much employed in Painting, to which Pruſſian Blue has lately been ſubſtituted, although it is a much leſs durable Paint[y].

---

[y] Painters have been encouraged to rely too much on the durability of Pruſſian Blue, from the aſſurances of all who have hitherto publiſhed Accounts of that pigment; in which they aſſert that it is not capable of being acted upon by any of the Acids. I have found by ſeveral Experiments, which I have made upon it, that their Opinion is extremely erroneous, and calculated to lead the Artiſts who rely on it into a falſe confidence in the uſe of it: which cannot fail, in time, of conſiderably impairing their Works. I have conſtantly experienced that Pruſſian Blue is readily acted on by Oil of Vitriol, by which it immediately loſes its *blue* Colour, and is changed into a light *brown* or *grey:* and it is ſo far diſſolved by the Acid, as to be miſcible with Water and other Liquors; but upon ſuch Mixture, or by the addition of an Alcali, the Oil of Vitriol is diſengaged, and the Pruſſian Blue reſumes its Colour. It ſhould here be obſerved, that not only many ſubſtances are uſed in Painting, into whoſe compoſition the vitriolic Acid enters; but alſo the ferruginous Earths, which conſtitute the greateſt part of the Materia Pictoria, generally contain ſome of that Acid, which cannot fail to act on the Pruſſian Blue, ſo as to impair or deſtroy its Colour, when they are mixed with it. And the inconvenience attending the Uſe of this Paint is the greater, becauſe the Change of its Colour does not uſually take place till a conſiderable time after the Picture is finiſhed. For it appears from the Experiment which I have here related,

When Indigo is diſſolved in an Alcali, the Solution is *green*; but when a thin Surface of this Solution is expoſed to the Air, it almoſt inſtantly becomes *blue*. And this Change of Green to Blue, from the Attenuation of the colouring matter by the entrance of Air into it, ſeems to ariſe from the great Affinity which the Air has to Alcaline Salts, and the readineſs with which it is regained by them, in proportion as they have been deprived of it by any proceſs.

I have mentioned theſe few particular inſtances of the neceſſity of underſtanding and guarding againſt ſuch Changes; but thoſe which may be produced are almoſt as numerous as the Paints which are employed; and are increaſed to a ſtill greater Variety, by their ſeveral Mixtures with each other, as well as with the Oils, Varniſhes, and other materials.

I have, with ſome care, attended to the Circumſtances relative to this Art, and have made a conſiderable

related, that while the Oil of Vitriol is mixed with Water, it does not act upon the Pruſſian Blue; but in proportion as the Painting dries, the Acid acquires its former force to deſtroy the *Blue* and render it *brown*.

derable Number of Experiments on the Subject: But I do not think them proper to be ſubmitted to the Public at preſent, as many further proceſſes of Chymiſtry are requiſite to the examination of the ſeveral ſubſtances, hitherto very imperfectly underſtood.

In the mean time, Artiſts may, from the conſideration of what is offered in this Work, be enabled to prevent ſome Changes of Colour to which their materials are ſubject, and to produce new Paints by altering the Colours of the old ones, previous to their Application. The general Principles may alſo ſerve to lead to ſuch particular Experiments as are neceſſary for their right Management and Knowledge of them.

It is certain that, until they are able to underſtand the Nature and Qualities of the various materials which are uſed by them, ſo as to be acquainted with the alterations they are liable to, either when ſeparate or combined, they will conſtantly labour under the neceſſity of making new Trials, which muſt greatly retard the progreſs of their Art. And it is much to be regretted that ſome Painters, whoſe

Works would otherwiſe have great merit, have the misfortune to ſee their Colouring undergo Changes, which intirely deſtroy the Effect they had originally produced.

From certain Inſtances which have occurred in this Inquiry, it appears that the medicinal Qualities of ſeveral ſubſtances may frequently be diſtinguiſhed by their Colours.

If, according to the opinion generally entertained by Phyſicians, metallic bodies acquire active Powers in proportion as they are more minutely *divided:* ſuch Qualities may, in a great meaſure, be judged of by the *Colours* of the Preparations: becauſe thoſe Colours correſpond with their ſeveral degrees of *Solution* or *Diviſion.*

In this Inquiry, I have amply conſidered and compared the various degrees of Solution of Iron, as well as thoſe of Mercury; and it will appear from thence that, in every Preparation of thoſe Metals, an exact correſpondence is found between their Colours and their degrees of Attenuation.

The Experiments and Obſervations which are to be found in p. 39, ſhew that the Nature and Proportion of the Ingredients, which enter into the Compoſition of Chalybeate Waters, may be determined by the Colours which thoſe Waters exhibit, when an infuſion of Galls is added to them.

Various other matters uſed in Medicine may, in the ſame manner, be diſtinguiſhed by the Obſervation of their Colours, and of the Changes which are producible in them. For this Method of examination is often capable of diſcovering Qualities which elude all other means.

By the Aſſiſtance of the ſame Principle, natural Philoſophy, and Chymiſtry in particular, may be conſiderably improved. I ſhall content myſelf with quoting, on this Subject, the Opinion of Henckel, a judicious Chymiſt and Philoſopher, who, though not poſſeſſed of much Knowledge in Optics, clearly perceived the Advantage ariſing from a careful Obſervation of the Colours of ſuch Subſtances as were the ſubjects of his Examination. He has frequently profited by this Method, as appears from ſeveral parts of his Writings; and he inculcates the Uſe of it in the following paſſage, as well as in many others: "Il eſt certain que toutes les Operations de "la Chymie doivent d'abord être ſoumiſes à l'examen de nos ſens, comme je ne ceſſe de l'inculquer "à tous ceux qui s'occupent de l'etude de la Nature, leur repétant continuellement que pour faire "des Découvertes il faut que dans leurs Experiences ils ſe ſervent de leurs Yeux."

I hope that, in theſe reſpects, ſome Utility may ariſe from this Inquiry: which has been carried on with a view of obtaining that End, as well as of eſtabliſhing the philoſophical Principle, which was the Object of my Experiments.

I ſhall not attempt to excuſe the Defects of the following Work, by alledging, according to the Cuſtom of many Authors, my Want of Time or Attention in the purſuit of it. On the contrary, I can aſſure the Reader that, if I have failed to produce ſuch Diſcoveries as may be worthy of his regard, I have nevertheleſs, with ſome Diligence, endeavoured to offer to his peruſal the beſt Information which I was able to furniſh: as I have employed many of my leiſure hours in making

king theſe Experiments and Obſervations, together with others relative to Optical Reſearches; which, on account of their Number, as well as of ſome Difference in their Subjects, I ſhall divide into ſeparate Papers, and reſerve for future Publications.

ADDENDA.

Preface, p. lxii. l. 23.

AFter the words *among theſe are,* inſert *the production of the Sedative Salt, which our Chymiſts are not able to analyſe or compoſe.*

P. 30. l. 13. For *this Lixivium,* read *the Alcaline Lixivium.*

P. 41. After l. 6. inſert *Although a Blue is moſt eaſily produced, by animal inflammable matter; yet, in ſome caſes, a mixture of Vegetable Phlogiſton, with thoſe Ingredients, affords that Colour.*

AN
EXPERIMENTAL INQUIRY
INTO THE
CAUSE of the CHANGES of COLOURS
in OPAKE and COLOURED BODIES.

A FEW detached experiments, relative to the Changes of Colour produced by the mixture of different liquors or other ſubſtances, are to be found in the writings of ſome Chymical and Philoſophical authors, and thoſe experiments are frequently exhibited in lectures of natural Philoſophy. The Inference uſually drawn from them is, that *Some change* is made by ſuch mixtures in the *Texture* of the bodies whoſe Colour is Altered; but *what kind of change* is produced in their texture has not ever, I believe, been inquired into.

Mr. Boyle, in whoſe writings are moſt of thoſe experiments which have been ſo often repeated without any conſiderable addition to their number, or any explanation of them, calls this a *Secret change of Texture.* (1)

Nothing ſhews in a ſtronger light the little attention that has been paid to this ſubject, than that the experiments and obſervations relative to it have been almoſt intirely confined to the Changes produced by Acid and Alcaline liquors on Blue and Purple flowers; and even thoſe experiments will appear in the courſe of this Inquiry to have been made in ſo defective and inaccurate a manner, that inſtead of leading to the explanation of the effects, they ſeem totally inconſiſtent with the laws of Opticks. And though I have collected many of the Experiments upon Animal and Mineral Subjects from different Authors, yet few, if any of them, have hitherto been applied to Optical inquiries.

Two obſervations only are to be found in Sir Iſaac Newton's Opticks relative to any Change of Colour in *Permanently Coloured* Bodies, the one on the Colours which Green Vegetables paſs through when they wither, the other on the Change of Colour produced by Acids or Alcalies upon Sirop of Violets. I have inſerted both theſe in their proper Places, and it will appear that what he has ſeemed to conjecture as the cauſe in theſe two inſtances only, has been applied in this paper to ſubjects as well *Animal* and *Mineral* as *Vegetable*. Had Sir Iſaac Newton been in poſſeſſion of a ſufficient Number of experiments, the cauſe which ſeems univerſally to operate the Change of Colours in Opake and Coloured bodies would, I doubt not, have been obvious to him.

---

(1) Shaw's Boyle — Vol. 2. p. 51.

Out of a great number of Experiments which I was obliged to make in this Inquiry, I have ſelected ſuch only as were abſolutely neceſſary, in order to avoid prolixity.

Sir Iſaac Newton has ſhewn that "transparent "Subſtances, as Glaſs, Water, Air, &c. when "made very thin by being blown into Bubbles, "or otherwiſe formed into thin Plates, do exhibit "*various colours, according to their various thinneſs*, although at a greater thickneſs they appear "very clear and colourleſs." (2)

He has in the following table (3) expreſſed the thickneſs of Air, Water, and Glaſs, at which each colour is produced. Thoſe thickneſſes are expreſſed in parts of an inch divided into 1,000000 equal Parts.

---

(2) Newton. Opt. Lib. 2. Part 1. 168. (3) Opt. Lib. 2. Part 2.

The thickneſs of coloured Plates and Particles of

		Air.	*Water.*	*Glaſs.*
Their Colours of the firſt Order,	Very Black	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{10}{31}$
	Black	1	$\frac{3}{4}$	$\frac{20}{31}$
	Beginning of Black	2	$1\frac{1}{2}$	$1\frac{2}{7}$
	Blue	$2\frac{2}{5}$	$1\frac{4}{5}$	$1\frac{11}{20}$
	White	$5\frac{1}{4}$	$3\frac{7}{8}$	$3\frac{2}{5}$
	Yellow	$7\frac{1}{9}$	$5\frac{1}{3}$	$4\frac{3}{5}$
	Orange	8	6	$5\frac{1}{6}$
	Red	9	$6\frac{3}{4}$	$5\frac{4}{5}$
Of the ſecond Order,	Violet	$11\frac{1}{6}$	$8\frac{3}{8}$	$7\frac{1}{5}$
	Indigo	$12\frac{5}{6}$	$9\frac{5}{8}$	$8\frac{2}{11}$
	Blue	14	$10\frac{1}{2}$	9
	Green	$15\frac{1}{8}$	$11\frac{1}{3}$	$9\frac{5}{7}$
	Yellow	$16\frac{2}{7}$	$12\frac{1}{5}$	$10\frac{2}{5}$
	Orange	$17\frac{2}{9}$	13	$11\frac{1}{9}$
	Bright Red	$18\frac{1}{3}$	$13\frac{3}{4}$	$11\frac{5}{6}$
	Scarlet	$19\frac{2}{3}$	$14\frac{3}{4}$	$12\frac{2}{3}$
Of the third Order,	Purple	21	$15\frac{3}{4}$	$13\frac{11}{20}$
	Indigo	$22\frac{1}{10}$	$16\frac{4}{7}$	$14\frac{1}{4}$
	Blue	$23\frac{2}{5}$	$17\frac{11}{20}$	$15\frac{1}{10}$
	Green	$25\frac{1}{5}$	$18\frac{9}{10}$	$16\frac{1}{4}$
	Yellow	$27\frac{1}{7}$	$20\frac{1}{3}$	$17\frac{1}{2}$
	Red	29	$21\frac{3}{4}$	$18\frac{5}{7}$
	Bluiſh Red	32	24	$20\frac{2}{3}$

I have here placed as much of Sir Iſaac Newton's Table as is neceſſary for the explanation of this

Paper: in the latter part of the table, which I have here purpoſely omitted, the Colours are blended ſo as to become indiſtinct.

After having ſhewn by a great many experiments made with *Tranſparent Colourleſs ſubſtances,* ſuch as Glaſs, Water, and Air, that "their Thin tranſ-" parent Plates, Fibres and Particles do according " to their ſeveral Thickneſſes, reflect ſeveral ſorts " of Rays, and thereby appear of ſeveral Colours," he draws from thence this conſequence, "that no-" thing more is requiſite for producing all the " colours of *natural bodies,* than the ſeveral Sizes " and denſities of their Particles." (4)

"That the Tranſparent parts of bodies accord-" ing to their *Several Sizes* muſt reflect rays of " one colour, and tranſmit thoſe of another, on " the ſame grounds that thin Plates or Bubbles " do reflect or tranſmit thoſe rays — and this " he takes to be the ground of all their Co-" lours." (5)

All the experiments which have hitherto been made, were performed with the above-mentioned *Colourleſs* Tranſparent ſubſtances: and although the Colours of *Permanently Coloured* bodies are attributed by Sir Iſaac Newton to the ſame cauſe, by which they were produced in Colourleſs ſubſtances, viz. to the Various Thickneſſes of their component Particles; yet no experiments have as yet been made on *Permanently Coloured* bodies in order to eſtabliſh the truth of Sir Iſaac Newton's opinion, which therefore has hitherto remained merely ſpeculative and uneſtabliſhed by any Proofs.

---

(4) Newton. Opt. Lib. 2. Part 3. Prop. 10. (5) Ib. L. 2. Part 3. Prop. 5.

To illuſtrate that Opinion, and to eſtabliſh the following Theory reſulting from it, viz. that the *Changes* of Colour in *Permanently Coloured* bodies are made according to the ſame Law, which is ſhewn by Sir Iſaac Newton's experiments to have taken place in *Pellucid Colourleſs* ſubſtances; I have made ſeveral experiments and, beſides thoſe, I have introduced ſuch Proceſſes of Chymiſtry, Dying, and other Arts as were neceſſary to explain the Changes which are made in the Colours of natural bodies.

It appears from the experiments of Sir Iſaac Newton, as well as from the table p. 4. that *the Leſs Refrangible* colours are exhibited by the *Greater thickneſſes of* Air, Water, and Glaſs: and that as the thickneſs of thoſe Subſtances is diminiſhed, they reflect the more refrangible colours: ſo that as the thickneſſes of thoſe media in the table Decreaſe as they Aſcend, their correſpondent colours proceed in Aſcending from Red to Orange, Yellow, Green, Blue, Violet, and ſo on to the Red of the Order next above.

From the Obſervation of theſe circumſtances, it appeared to me that, if *Permanently Coloured* bodies are ſubject to the ſame laws as *Tranſparent Colourleſs* ſubſtances are, all ſuch *Permanently* Coloured bodies, whenever the Size of their Particles is *Diminiſhed*, ſhould undergo a change of colour by Aſcending from the leſs refrangible to the more refrangible colours, and from thence to the colours of the Order next *Above*: and that ſuch bodies, when the *Size* of their particles is *Augmented*, ſhould undergo a contrary Change, their Colours in this caſe *Deſcending* from the More refrangible colours to the Leſs refrangible, and from thence to the Colours of the Order next *Below*. (6)

To elucidate this I found it neceſſary to make experiments with Vegetable, Animal, and Mineral ſubjects whereby the *Size* of their Particles, upon which their Colours depend, might be *Diminiſhed* or *Increaſed*.

The methods which I uſed in order to diminiſh the Size of the particles of thoſe bodies which were the ſubjects of inquiry, were by *Diſſolving*, *Attenuating*,

---

(6) I have throughout this paper uſed the word *aſcend* to expreſs the Changes of Colour from the Leſs to the More refrangible colours of one Order, and from thence to thoſe of the Order of colours next above: The word *deſcend* I have uſed in the contrary ſignification. Theſe words refer to the Local poſition of the Colours in the Table p 4. they appeared to me the cleareſt and ſhorteſt expreſſions applicable to the Changes of Colour which I here treat of.

Attenuating, &c. by means of Chymical Solvents, Heat, Putrefaction, Dilution, &c.

The contrary effects were brought about by ſuch means as are known to *Condenſe*, *Incraſſate*, or Unite the Particles of bodies into *Larger maſſes*, as by Coagulation, Precipitation, Evaporation, by *Diminiſhing* the force of the ſolvents, &c.

The following Experiments and Obſervations were made upon Vegetable, Animal, and Mineral Subſtances, each of theſe affording numerous inſtances of Changes of Colour which illuſtrate the Theory.

Experiments upon Vegetable Subſtances.

THE Colouring particles are in a State of Solution in the juices of Vegetables, while they are growing. Thoſe juices containing the colouring particles are capable of being expreſſed from ſeveral berries and fruits; and the coloured juices of leaves and flowers, though generally leſs in quantity, may be imparted to paper, cloth, &c. by bruiſing them on thoſe ſubſtances.

It appears from a chymical examination, that all Vegetables, and every Part of them, contain an Acid.

1) When Burned in the open air they emit a ſmoke ſtrongly impregnated with Acid. (7)

2) This Acid may be received in veſſels, when the Vegetables are diſtilled by a ſtrong fire. (8)

B The

---

(7) Neumann's Chym. by Lewis, p. 463. Vegetables burnt in the open air, emit a copious *Smoke*, which is manifeſtly impregnated with *an Acid*, &c.——Into theſe principles, *all Vegetables*, and their Parts, and *all* the Subſtances extracted from Vegetables, are reſoluble.

Boerhaave Chym. Proceſs 32. — We hence learn the nature of that primary ſmoky vapour, which exhales from green wood laid upon the fire, before the wood begins to grow black, take flame, or ignite. For thus there exhales an *Acid*, acrimonious, *water*, offenſive to the eyes, and capable of penetrating and preſerving ſuch animal fleſh as is ſuſpended in the chimney where this vapour riſes: and a liquor extremely like it is collected at both ends of a long piece of green wood, laid with it's middle upon the fire; which thus drives out a *tartiſh* water, with a hiſſing noiſe.

2. We learn the nature of the firſt ſmoky vapour, which ariſes from dry wood when applied to the fire, or from green wood after the former liquor is driven off, tho' before the wood begins to ignite or burn; for this ſmoke is thicker, *more* acrimonious, *acid*, and ponderous than the former, containing more *acid ſalt*, and beginning to grow ſomewhat black.

3. Hence again we learn the nature of that black, groſs, and keen Smoke which riſes from wood thrown upon live coals, a little before it burſts out into flame; for this ſmoke contains a very ſharp, fixed, and *Copious Acid ſalt*, together with the 1ſt, 2d, and 3d, pitchy Oil of our proceſs, all compounded and mixed together; which makes a vapour intolerably pungent to the eyes; and this alſo penetrates the bodies expoſed thereto, preſerves them by its Acid Salt, &c.

(8) Boerhaave Chym. Proceſs 15. The common diſtilled water of a freſh Plant, by the Alembic — Let the due degree of heat be

3) The ſame Acid is found alſo in the Oils, Spirit, Tartar and Vinegar procured from Vegetables.

When Plants are dried, their watery parts are diminiſhed, but it appears from the chymical analyſis of them that the Acid remains, together with the

the

---

be carefully obſerved, and equally kept up, ſo long as the water diſtilling into the receiver proves white, thick, odorous, ſapid, frothy and turbid; for this water ſhould be kept carefully ſeparated from that which will follow it; — for there afterwards riſes a water that is tranſparent, thin and without the peculiar taſte and odour of the plant, but generally ſomewhat *tartiſh* and limpid, tho' ſomewhat obſcured and fouled by white dreggy matter; and if the head of the ſtill be not tinned, the *Acidity* of this laſt water cauſes it to diſſolve the copper, ſo as to become green, nauſeous, emetic, and poiſonous to thoſe who uſe it. — The Water of the 2d running wants the volatile part above deſcribed, yet ſcarce brings over the more fixed part of the plant, except what is ſomewhat *Acid* and vapid: If when this is come off, freſh water be poured upon the remaining plant, and boiled therewith, or ſtrongly diſtilled, there riſes a *more Acid Water*, containing very little of the particular virtue of the plant; almoſt the *ſame kind of Acidity* appearing thus to riſe from *them All* at laſt.

Boerhaave Chym. Proceſs 32. Diſtillation therefore performed in cloſe veſſels extracts theſe volatile parts from vegetables; viz. a water, a Spirit, an *Acid Salt*, two kinds of oil, &c. — This experiment is Univerſal or holds in *All* trees, ſhrubs, and moſt herbs, which, when thus treated, afford all theſe fixed and volatile parts; for they *All* contain *a volatile Acid Salt*, &c. ————

Macquer Elemens de chymie. tom. 2. p. 156.

Preſque toutes les plantes qui fourniſſent de l'alcali volatile dans la diſtillation, fourniſſent *auſſi une aſſés grande quantité d'Acide.*

the Colouring particles and the other component principles, in a ſolid form: In this ſtate are the Woods, *&c.* uſed in Dying.

This obſervation of the exiſtence of an Acid in Vegetable ſubjects ſuggeſted to me the propriety of diſſolving their Colouring particles in an Acid Liquor, in Imitation of their Natural ſtate, whilſt in the growing Vegetables.

I uſed this method in order to be certain of the nature of the Menſtruum, by which the Colouring particles were diſſolved in the following Experiments.

The Acid Liquor, in which I diſſolved the Colouring parts of the Vegetables, conſiſted of Water with about an eightieth part of Aqua Fortis. This I found better ſuited to theſe Experiments than the other Mineral or Vegetable Acids: and I have called it the *Acid Liquor* in the following pages.

When I intended to *Diminiſh* the diſſolving Force of this Acid Liquor, I added gradually to it a ſmall quantity of a Solution of Pot Aſh or ſome other *Alcaline* liquor.

The Order of the Experiments upon Vegetables is that of the primary colours in the table p. 4. beginning with the Red, and proceeding next to the Purple, Blue, Green, and Yellow. The changes produced in every one of them agree exactly with the Theory: for in each experiment as the Strength of the Menſtruum by which the Colouring particles were diſſolved is *Increaſed* or *Diminiſhed*, whereby they are Attenuated or Incraſſated, the Colours *Aſcend* or *Deſcend* regularly.

Changes of Colour in Red Vegetable ſubſtances.

FROM a variety of Red Flowers, in the Colour of which there was no admixture of blue, I extracted the Colouring particles, by infuſing them for ſome hours in the Acid Liquor. To avoid prolixity, I ſhall only mention the following, *viz.*

Red Balſam
Red Poppy
Scarlet Lychnis
Scarlet Kidney Bean
Monarda — Canada Leonurus.

The Solution of the Colouring particles of theſe Flowers in the Acid Liquor was *Red*. When the diſſolving Power of the Liquor was weakened, by the addition of a Solution of Pot-Aſh, the infuſion became Purple: If a ſtill greater quantity of that or any other Alcali is added, the Colour of this infuſion does not undergo any further Change.

If inſtead of Diminiſhing the ſtrength of the Acid Liquor by means of an Alcali, it's Force be Increaſed by the addition of a Stronger Acid, as Oil of Vitriol, the Colour inſtead of *Deſcending* from Red to Purple, *Aſcends* from Red to Yellow, thus,

Liquor in which the Colouring particles of Red Flowers are diſſolved, by the Addition of Oil of Vitriol, which attenuates —— ——	Yellow.
Liquor in which the Colouring particles of Red Flowers are diſſolved -	Red.
By the addition of an Alcali, which Incraſſates —— ——	Purple.

The ſame Changes are made in the Colours of the *Red* Woods by the ſame means, thus the *Red* infuſion of Brazil, (9) and Logwood, (10) are turned *Purple* by Alcalies, and Yellow by Acids.

The *Red* juice of Currants, &c. by the addition of Alcalies become *Purple*, and by Oil of Vitriol *Yellow*.

Changes of Colour in Purple Flowers.

THE following are ſome of the Purple Flowers from which I extracted the Colouring particles, by means of the Acid Liquor. (Under the name of Purple I include all thoſe which have any admixture of Red and Blue.)

Purple Iris,
Bee Larkſpur
Aconite—Monkshood,
Purple Garden Pea,
Panſie,
Sweet Williams,
Pink,
Veronica.

---

(9) Shaw's Boyle, vol. ii. p. 83.

(10) Ib. p. 52, 80, 83.

The Colouring particles of theſe Flowers in the Acid Liquor exhibited a *Red* colour, with little or no admixture of Blue.

The Change produced in this *Red* liquor, by the Gradual addition of an Alcali, is very different from that which has generally been deſcribed; for it has been ſuppoſed that the Flowers of this Colour are *immediately* Changed into *Green* by an *Alcali*; whereas, by that addition, the Colour of this Red infuſion deſcends, through all the gradations of Purple, Violet, and Blue, before it exhibits a Green. (11)

The operations of Nature, and thoſe which are contrived in imitation of them will, when thoroughly underſtood, be found regular and conformable to ſtated Laws; but a Tranſition from one of the primary Colours to another which in the Order of Colours is diſtant from it, without paſſing through the intermediate gradations, would be an irregularity inconſiſtent with the Laws of Opticks.

---

(11) The following is one of the two obſervations of Sir Iſaac Newton, which I have before referred to. " Blues and " Purples may be either of the ſecond or third order, but the " beſt are of the third. Thus the colour of *Violets* ſeems to be " of that order, becauſe their *Sirup* by *acid* Liquors *turns* red, and " by *urinous and alcalizate* turns *green*. For ſince it is of the " nature of *Acids* to *diſſolve* or *attenuate*, and of Alcalies to " *precipitate* or *incraſſate*, if the purple Colour of the Sirup was " of the ſecond Order an acid Liquor by attenuating it's tinging " Corpuſcles would change it to a red of the firſt order, and an " Alcali by incraſſating them would change it to a green of the " ſecond order; which red and green, eſpecially the green, " ſeem too imperfect to be the colours produced by thoſe " Changes. But if the ſaid purple be ſuppoſed of the third " order, its Change to Red of the ſecond, and Green of the " third, may without inconvenience be allowed." Opt. Lib. 2. Part. 3. Prop. 7.

In the Liquor prepared from moſt of the Purple flowers all the Colours are very vivid and beautiful.

By the addition of Oil of Vitriol the Red *Aſcends* to a *Yellow*.

If any of the *intermediate* Colours between Red and Green be wanting in the Experiment, it is a Proof that too much Alcali has been added at once; which Fault is eaſily corrected by the *gradual* addition of Aqua Fortis: For when by the *gradual* addition of an Alcali the Colours have Deſcended through every gradation from Red to Green, they may be made, by the addition of Aqua Fortis, to aſcend through the ſame gradations, but in a Contrary Order: and this Experiment may be repeated backwards and forwards, as often as is deſired, without any of the Colours being the leaſt impaired.

Thus all the primary Colours are exhibited in their regular Order, from the Colouring particles of one and the ſame Flower, by merely *Increaſing* or *Diminiſhing* the Force of the Menſtruum in which they are diſſolved.

The Colouring particles of Purple Flowers diſſolved in the Acid Liquor, by the addition of the Oil of Vitriol, - - -	Yellow.
The Colouring particles of Purple Flowers diſſolved in the Acid Liquor - - -	Red.
Colours gradually produced in this infuſion by the addition of an Alcali,	Purple, Violet, Blue, Green.

From the facility with which the colours, that by the Alcali were carried Downward, are by an Acid made to Reaſcend without being impaired, it appears that the Colouring particles are not deſtroyed in this Experiment, but only united into larger Maſſes by the Alcali, and Divided into Smaller, by the Acid.

But when, by the addition of a ſtronger Acid, the Red is changed to a Yellow, the particles ſeem to have their Texture deſtroyed, for they can not afterwards be made to exhibit any other primary Colour by the addition of an Alcali.

Amongſt all the Changes of Colour which I have been able to produce in any ſubject whatſoever, I have never found that a Primary Colour changes immediately into any other, than that which lies next to it in the regular Order of Colours.

But in making Experiments with ſome Purple Flowers, not mentioned in the above liſt, an extraordinary circumſtance appears: Though the *Red* infuſion of them is bright and full, as well as the Green into which it is changed by the Alcali, yet the *intermediate Blue*, and the Colours on its confines, as Violet, &c. are ſo very dilute, that in their room, the infuſion is almoſt Tranſparent and Colourleſs, leaving as it were, a Colourleſs gap in the gradation of Colours between the Red and Green, thus,

Liquor in which the Colouring particles of Roſe Campion, &c. were diſſolved,	Red.
Colours produced in this Red infuſion by the Gradual addition of an Alcali,	Faint Purple. Colourleſs Tranſparent Liquor. Green.

But though in ſome Flowers this faintly coloured or colourleſs gap intervenes between the Red and the Green, I have not met with any Inſtance of a ſudden Change from *Red* to *Green*, without either the interpoſition of a bright vivid *Blue*, which is moſt common, or the faint or *Colourleſs gap* interpoſed in the place of the Blue.

From this Circumſtance of Inviſibility and Tranſparency in the Colouring particles, it ſeems that when they are reduced to a certain ſize with relation to the parts of the liquor in which they are ſuſpended, in that caſe they exhibit no degree of opacity nor Colour: but when their ſize is either Increaſed or Diminiſhed, they become viſible and coloured. The ſame circumſtance is very commonly ſeen, when the Flowers have been ſteeped in Spirit of Wine, Water, &c. to which no Acid had been added; for though thoſe liquors are then Colourleſs and Tranſparent, yet it is evident that the Colouring particles are diſſolved in them, becauſe the addition of an Acid or Alcali will produce Colours in thoſe Liquors, which before ſuch addition were colourleſs.

I have found many other Inſtances of the ſame kind in the Experiments which I have made; I ſhall not here enter farther into the Explanation of this Appearance, nor has it hitherto, I believe, been remarked or explained by any one.

Changes of Colour in Blue Flowers.

WHEN the Colouring particles of Blue Flowers as,

Convolvulus,
Blue Lupine,
Spiderwort,
Borrage, &c.

were diſſolved in the Acid Liquor, it put on exactly the ſame appearance as that in which the Purple Flowers were infuſed, and all the Experiments made with this this Red liquor were ſimilar to thoſe made with the infuſion of Purple Flowers.

From theſe circumſtances it ſeems probable that the Colouring particles of the *Purple* and the *Blue* Flowers are of one and the *ſame ſort*, only differing in *Size*, as they are divided into Greater or Leſs maſſes, by the Greater or Leſs quantity of Acid prevailing, either in the Plant while it is Growing, or added in the Experiment. On the ſame Plant both *Purple* and *Blue* Flowers are frequently found, and the Blue Flowers often change to Purple, and *vice verſâ*, ſo that all the Gradations betwen Red and Blue are common to them; the Change of Colour appearing to be brought about by Natural means, with the ſame facility as in the Experiments made Artificially with them.

The *Red* Flowers, in which there is no admixture of Blue, are found by experiment incapable of being changed to Blue, as the Purple ones are: and the ſame incapacity of undergoing ſuch a Change is conſtantly found in *thoſe Flowers* whilſt they are *Growing*, as they never are, whilſt Growing, of any Colour but Red, nor do they in withering Change to any Colour but Purple.

Thus it appears that, notwithſtanding the Variety of theſe ſorts of Experiments, the effects produced by them are ſuch as take place in the natural Proceſs, which ſuch Bodies are conſtantly undergoing while they vegetate. And our endeavours will generally prove vain, when we attempt, in Optical Inquiries on Colours, to produce Effects different from thoſe which Nature itſelf operates. It is by an imitation of Nature, in this as in all other Sciences, that Succeſs is principally to be hoped for.

All theſe Experiments may be made with the Flowers themſelves inſtead of their Infuſions, but with more difficulty and inconvenience, becauſe the other Solid parts of the petals acted upon, as well as the colouring particles, confuſe the Experiment. The Colouring particles when diſſolved in the Acid Liquor, being pure and unmixed with the other parts of the Flowers, the Experiments performed with them are capable of being repeated with much greater eaſe and accuracy.

Changes of Colour in Green Vegetable ſubſtances.

THE *Green* parts of Vegetables as their Leaves, Unripe Berries and Fruits, do not eaſily undergo a Change of Colour by the application of Acid or Alcaline liquors: But by the Gradual *Diminution* of the Acid contained in them, or by the Condenſation of their parts, their Colours Change from Green to Yellow, Red, Purple, &c. Deſcending in the Order of Colours, from the ſame Cauſe and according to the ſame Law, which is obſerved by the other coloured Vegetable Subſtances.

The Berries and Fruits in their moſt Acid ſtate are generally *Green*, from which Colour many of them as Currants, Cherries, Plums, &c. in proportion as they ripen, *Deſcend* regularly, according to the Order of Colours, through all the gradations of Green, Yellow, Red, and ſometimes

Purple; while their Acid evidently decreaſes, in proportion as thoſe Changes take place.

In many Fruits as Apples, Peaches, &c. that ſide only which is moſt ripened, by its expoſure to the Sun, becomes Red, the other parts remaining Yellow or Green, the Green part ſtill continuing Acid.

When Leaves wither, their Colouring particles accede together and become united into Larger Maſſes, by the exhalation of the Acid and watery parts, in which they were diſſolved. For when thus dried by the Sun and in the open air they are found, by a chemical examination, to have loſt their acid, and to have become effete. In proportion as the water and acid which kept the Colouring particles of the Leaves in a State of Solution evaporates, their Colours Deſcend in a regular gradation. Thus Sir Iſaac Newton in one of the two paſſages, which I before mentioned, has obſerved, Opt. Lib. 2. Part 3. Prop. 7. " When " Vegetables Wither, ſome of them turn to a " Greeniſh Yellow, and others to a more perfect " Yellow or Orange, or Perhaps to Red, paſſing " firſt through the aforeſaid intermediate Colours. " Which Changes ſeem to be effected by the " exhaling of the moiſture which may leave the " tinging Corpuſcles more denſe, and ſomething " augmented by the accretion of the oily and " earthy parts of that moiſture."

2, The Green Leaves of the Anil and Glaſtum by a contrary proceſs, undergo a Change of Colour,

lour, in a contrary Order, for by being long ſteeped in Water their parts are diſſolved into a *Blue* ſubſtance which is Indigo and Woad.

And it is probable that other Plants may be diſcovered whoſe Leaves may undergo the ſame change by a ſimilar method of Attenuation.

Change of Colour in Yellow Vegetable ſubſtances.

I do not find that any Experiments have hitherto been made with relation to the Change of Colour which may be effected in Yellow Flowers. However I have obſerved that the ſame effect is eaſily produced in them, from the ſame proceſs by which the Colours of the other Flowers were affected, their Colour *Aſcending* to *Green* by the application of an Acid.

The following Yellow Flowers having been ſteeped for Some days in a mixture of water and Aqua Fortis, were changed to a Green Colour not diſtinguiſhable from that of Graſs or the Green Leaves of Vegetables:

Yellow Cinquefoil
Cryſanthemum
Butter Cups — Ranunculus pratenſis
Yellow Jaſmine
Yellow Thiſtle
Yellow Lupine

Many of theſe Yellow Flowers are changed immediately into a vivid Green, by the application of a drop of undiluted Aqua Fortis.

Some Yellow Flowers do not undergo a Change of Colour by the Addition of an Acid; but I have not found that any Colour, excepting Green, can be produced by an Acid from any Yellow Flower.

The infuſions of Rhubarb, &c. are by the addition of an Alcali made to Deſcend from Yellow to Orange and Red.

Experiments upon Animal Subjects.

THE Changes of Colour which Animal ſubſtances undergo, ariſe from the ſame cauſe, by which the Colours of Vegetables are affected; ſo that the ſame Principle ſeems to be common to both under ſimilar circumſtances. Several Animal ſubſtances being ſubject to a change of Texture from ſuch Cauſes as *Attenuate*, viz. *Heat*, *Menſtrua*, *Putrefaction*, &c. or from the contrary proceſſes, which *Incraſſate*, as *Coagulation*, *Evaporation*, &c. are ſubject to a Change of Colour in proportion as they are affected by ſuch proceſſes.

Of this nature are the Shells of Lobſters, Cray Fiſh, Prawns, &c.

Changes of Colour in Shells.

THE Shells of Lobſters, when alive, are of a *Blue* Colour which, though often ſo intenſe as to be uſually called Black, are not uncommonly of a light and very fine *Blue*.

The Change which they undergo, when boiled, appeared to me to ariſe from their *Attenuation* by *Heat*, which is known to ſeparate the parts of bodies: and I have obſerved that ſo ſmall a Heat, as that of the Sun, will completely change thoſe *Blue* Shells into *Purple* and *Red*, which are the Colours *next* in the Order *above the Blue*.

From the known Alcaline quality of theſe Shells I was induced to try whether I could not, by Solution in an Acid, produce the ſame Red Colour which is uſually effected by Heat.

For this purpoſe I ſteeped the Blue Shells of Lobſters in Aqua Fortis, by which means their Colour was changed to Purple, Red, and Yellow.

The Shells of Cray Fiſh alſo, after I had ſteeped them in Aqua Fortis or Spirit of Salt, were changed into a Red not diſtinguiſhable from that produced by Boiling them: By a longer continuance in either of thoſe Acids the *Red* was farther changed into *Yellow*.

The *Red* parts of the Shells of Prawns, by the ſame treatment, became alſo of a beautiful *Yellow*:

Shells of Lobſters by a longer Continuance in an Acid —	Yellow.
Shells of Lobſters ſteeped in an Acid — — —	Red Purple
Shells of Lobſters — —	Blue

Changes

Changes of Colour in Milk.

IF freſh Cow's Milk be *coagulated,* by dropping Oil of Tartar into it gradually, while it is boiling, it's Colour paſſes through every gradation of Yellow, Orange, and Red, in proportion as the Liquor is Coagulated into a Thicker maſs. (12).

It is conſtantly obſerved that Milk when *diluted* with Water, by that Method of *Attenuation,* becomes Bluiſh.

Thus from one and the ſame Liquor, the five firſt Colours of Sir Iſaac Newton's table are produced in their regular Order, in proportion as the component parts of it are united into Larger maſſes.

Cow's Milk diluted with Water -	Bluiſh.
Cow's Milk - - - -	White.
Cow's Milk Coagulated by Alcali -	Yellow.
Cow's Milk farther Coagulated -	Orange. Red.

See the Colours of the firſt Order in the Table, with which theſe exactly correſpond.

---

(12) Boerhaave Chym. Proceſs 91.
Recent Cow's milk *Coagulates,* turns *Yellow,* and *Red,* by boiling over the fire with fixed Alcali.
Dilute new cow's Milk with a little water, boil it in a clean veſſel, and by degrees drop oil of tartar per deliquium into it; it will thus

Changes of Colour in Blood.

ALL the Animal humors become thinner, and are reſolved by Putrefaction. The *Yellow* Serum of the Blood, according to Sir John Pringle, is by Putrefaction changed to *Green*, and the Greenneſs obſervable in ſalted Meats, as well as in the Putrefied parts of Animals, is aſcribed by him to Putrid Serum. (13)

The *Red* Craſſamentum, by long expoſure to the air becomes Yellow, (14) The Colour in each caſe *Aſcending* one degree by this means of Diſſolution.

Changes of Colour in Bile.

THE Bile differs conſiderably from the other Animal Fluids in this reſpect, that even when Recent it is Alcaline. It appears from a Memoir of Mr. Cadet, Acad. Sci. Ann. 1767, that it contains a quantity of the Foſſil Alcali.

From the Alcaline quality of the Bile, I was induced to think thatthe addition of an Acid would *Diſſolve* or *Attenuate* it.

1. Having

---

thus begin to turn *Yellow*, the more ſo as *more* Alcali is added, and the boiling the longer continued, ſo as to *paſs* from a *faint Yellow* into a *Red Colour*.

At the ſame time it *coagulates more and more*, and ſeparates into curdy maſſes, though not ſo large and firm, nor ſo eaſily hardening, as thoſe produced by acids. At length by *boiling* the whole long enough, it becomes a *Thick*, *Red*, *Coagulated* Maſs.

(13) Pringle, *Diſeaſes of the Army*, Append. p. 80.

(14) Boerhaave, Chym. Proceſs 114.

1. Having therefore procured ſome Freſh Bile of an Ox, which was *Yellow* without any admixture of Green; to an ounce of this Bile I added a tea-ſpoonful of Spirit of Salt, which immediately changed it's *Yellow* Colour into *Green*, the ſame change was effected by Aqua Fortis. I find that Baglivi and others have remarked that Acids produce this effect. (15.)

2. To examine the effect of *Attenuating* this Bile by *Heat*, I expoſed a part of it, while freſh, to a degree of Heat leſs than that of boiling water, for a quarter of an hour, and found that by this means it's *Yellow* Colour was changed to *Green*, though no ſenſible evaporation had taken place. This Change is ſimilar to that which is effected by Heat in the Shells of Lobſters, the Colour in each caſe *Aſcending* one degree from the ſame cauſe.

3. To try the effect of *Putrefaction* in Diſſolving and Changing the Colour of the Bile, I left ſome of it ſtanding in the open air in a glaſs veſſel, and I obſerved that it changed gradually from *Yellow* to a *Green*, *ſimilar* to that which was produced by *Heat* or the addition of an *Acid*.

Changes of Colour in Urine.

WHEN freſh Urine is Incraſſated by diſtilling from it the Watery part, " the remaining Urine,

" in

---

(15) Neumann's Chym. by Lewis, p. 567.

“ in the mean time, gradually Changes from it's
“ natural *Straw Colour* to *Red*, and the more of
“ this *pellucid water* comes over, the deeper that
“ *Red* Colour appears.” Boerhaave, Chym. Proceſs 93.

The remaining *Red* liquor is not either Alcaline or Acid.

Thus by merely Incraſſating the Urine by means of Evaporation, it's *Yellow* Colour is made to *Deſcend* gradually to *Orange* and *Red*.

Experiments upon Mineral Subſtances.

THE Metals afford numerous inſtances in confirmation of the doctrine already explained; for almoſt every operation, to which they are ſubjected exhibits a Change of Colour perfectly agreeing with the Law which we have obſerved in Vegetable and Animal Subſtances.

The imperfect Metals afford the greateſt variety of theſe inſtances, as their Texture is liable to many Changes, accordingly as they are acted on in different operations: for every Change of their *Texture* is accompanied by a correſpondent Change of *Colour*.

I ſhall endeavour to illuſtrate this, in the firſt place by conſidering the numerous Changes of *Texture* and *Colour* to which Iron is ſubject, and by ſhewing the agreement of *Texture* with the Change of *Colour* in that Metal.

Changes of Colour in Iron.

IRON diſſolved in the Vitriolic Acid, diluted by a ſufficient quantity of Water, and afterwards Cryſtallized, forms *Green* Vitriol of *Iron.*

When this *Green* Vitriol is expoſed to a ſtrong heat, the Acid Menſtruum is driven off from it, in form of Spirit and Oil of Vitriol, and in proportion as the Iron *parts* with it's Acid *Solvent*, it's Colour *Deſcends* from *Green* to *Yellow*, *Red* and *Purple.* (16)

---

(16) Neumann's Chym. by Lewis, p. 179. Vitriol of Iron — On urging it with a *ſtronger* fire, *Acid* Fumes ſucceed the watery ones, the matter becomes *Yellow*, *Red*, and at length of a deep *Purpliſh Red.*

I have not, amongſt the Colours, which ariſe from the diſcharge of the Acid Solvent, mentioned the Whiteneſs and Opacity which Vitriol aſſumes when expoſed to a gentle heat: becauſe thoſe appearances are not occaſioned by the diſcharge of the Acid Menſtruum, but by the evaporation of the Water only. Both the Opacity and Whiteneſs are cauſed by the diſcontinuity of the parts of the Vitriol, for the Water being evaporated leaves the Pores which it has forſaken either empty or repleniſhed with Air, which is a Medium of a different denſity from the other parts of the Vitriol. Sir Iſaac Newton has given ſeveral Inſtances of Whiteneſs and Opacity ariſing from this cauſe: (17) " The moſt tranſparent Subſtances may, by " evacuating their Pores, or ſeparating their parts, be ren- " dered ſufficiently Opake, or *Salts* or wet paper, or the Oculus " Mundi Stone by being dried, Horn by being Scraped, Glaſs " by being reduced to Powder, or otherwiſe flawed, Turpen- " tine by being Stirred about with Water till they mix imper- " fectly, and Water by being formed into many ſmall bubbles,

either

(17) Opt. Lib. 2. Part. 3. Prop. 3.

Theſe are the Colours exhibited by *Green* Vitriol in proportion as it's Solvent part is diminiſhed.

When, on the contrary, a ſtill *greater Solution* of the Iron than that which takes place in the Green Vitriol, is effected, the Colour is found to *Aſcend* from Green to *Blue*, *Purple*, and *Red*.

This ſeems to be the State of the *Iron* in the pigment called Pruſſian Blue, for the Metallic parts are *Diſſolved* and greatly Attenuated by the Alcali and Animal Phlogiſton, previous to the application of the Acid uſed in the proceſs.

As a conſiderable quantity of Pruſſian Blue is obtainable from this Lixivium, without any other addition than an Acid; the cauſe of that Blue Colour may be eaſieſt inveſtigated from the conſideration of the ſimple Lixivium, without the admixture of the other ingredients uſed in the ordinary proceſs.

It is evident that the Lixivium produces it's effect by *Diſſolving the Iron*, for if the Lixivium itſelf be examined without the addition of any *Ferruginous* or *Vitriolic* matter, it is found to have Diſſolved the Iron which was contained in the ingredients of which it was formed.

" either alone in the form of Froth, or by ſhaking it together
" with oil of Turpentine, or oil Olive, or with ſome other
" convenient Liquor, with which it will not perfectly incorpo-
" rate. And to the increaſe of the opacity of theſe bodies it
" conduces ſomething, that by the 23d Obſervation the Re-
" flexions of very thin tranſparent Subſtances are conſide-
" rably ſtronger than thoſe made by the ſame Subſtances of a
" greater Thickneſs."

That the Lixivium is a *Solvent* of the Iron in the Proceſs, and not the *Precipitant* of it as hath been generally ſuppoſed, appears from theſe circumſtances.

1. A conſiderable quantity of *Iron* is always found *Diſſolved* in the Lixivium itſelf.

2. The mineral *Acids*, which contain no Iron, *Precipitate* that metal from the Lixivium, in which it was *Diſſolved*.

In like manner it is by means of it's *Acid* that Vitriol *precipitates Iron* from the Lixivium. It is clear that the Iron contained in the Vitriol is not neceſſary to the precipitation, for the *Acid* without the Iron is, in this caſe, an effectual *Precipitant*: and that metal remains conſtantly *Diſſolved* in the Lixivium, with the Phlogiſton, when no Acid is added to it.

To a tea-ſpoonful of Lixivium, ſaturated with Pruſſian Blue in the manner deſcribed by M. Macquer, I added ſome Spirit of Salt, by which a very fine Blue was immediately produced, and this happened whether the Lixivium was diluted with Water or not.

This Experiment was repeated ſeveral times, as it ſeemed to contradict an aſſertion of M. Macquer, to whom the public is ſo much indebted for his Diſcoveries on the Subject.

From having overlooked the *Iron Diſſolved in the Lixivium*, ſome eminent Chymiſts have truſted to the Blue Colour produced by it's mixture with *Acid* Liquors, as a teſt that *Iron is contained in them*.

them. Margraf, from the application of this Lixivium to each of the mineral Acids by which a ſmall quantity of Lapis Lazuli had been diſſolved, and from the *Blue* which aroſe on the mixture of thoſe Liquors, concludes that the *Acids* had extracted a ſmall quantity of *Iron.* (18) But it is certain that the ſame Colour is produced by a mixture of the Lixivium with *Acids* which contain *no Iron.*

Independently of this proceſs it is apparent that an *Alcali,* ſuch as is uſed in the preparation of Pruſſian Blue, is capable of *Diſſolving Iron* under certain circumſtances.

Pot-Aſh and other Fixed Alcaline Salts are uſually prepared by Lixiviating in Water the Salts which are contained in the Aſhes of Vegetables, and afterwards evaporating the Solution till the Salt remains dry. *Iron* is conſtantly found *Diſſolved* in theſe *Lixivia*; and the Salt procured from them, by means of this Ferruginous mixture, communicates to Glaſs a *Green* or *Blue* Colour. A certain proof that Fixed Alcaline Salts are indued with a power of *Diſſolving Iron:* But the quantity of Iron diſſolved in Alcalies not united to an *Animal Phlogiſton,* is much leſs than that which the Lixivium uſed in the Proceſs of Pruſſian Blue diſſolves.

---

(18) Margraf. Opuſc. Chym. Diſſert. 23.

Je me mis là-deſſus a éprouver toutes ces *Solutions*, chacune a part, avec la leſſive d'une calcination d'alcali avec du ſang; et en ayant ſaturé ces ſolutions, je remarquai que celle qui avoit été faite avec l'acide du nitre ſe précipitoit mieux que toutes les autres ſous une *belle couleur blue*; *ce qui prouve qu'elle renferme un petit nombre de particules de Fer.*

If a Solution of Iron in the Nitrous Acid be mixed with a Solution of Pot-Aſh, it becomes immediately and perfectly *Diſſolved* by that Alcali. (19) I have in the ſame manner applied a Solution of Vitriol, as I ſhall relate hereafter.

It is obſervable that neither the Iron which is found Diſſolved in Alcaline Salts, nor that which is communicated to Alcaline Lixivia by the admixture of Solutions of Iron in Acids, produces a Blue Colour: this will be proved to depend on the Abſence of an Animal Phlogiſton; as will appear from the conſideration of the Pruſſian Blue, and from ſeveral other Inſtances, in all of which I ſhall ſhew that the preſence of an *Animal Inflammable Principle*, United to ſuch other Ingredients, as are uſed in the proceſs of the Pruſſian Blue, conſtantly produces that Colour.

1) Henckel diſcovered that a Lixivium from the Aſhes of the Kali, upon the addition of an Acid, yields a *Blue* ſimilar to the Pruſſian Blue: but I believe no cauſe has hitherto been aſſigned, why that Plant affords a *Blue*, preferably to the other

---

(19) Juncker, Conſpect. Chem. Vol. i. p. 573.
Major adhuc cernitur differentia in confuſione ſolutionis ferri per aquam fortem factæ et *ſalis alcali fixi*, quippe ſolutio illa ferri ſi in ſaturum lixivium alcali copioſum immittatur, utraque ſine præcipitatione copulantur. Ib. 230 — namque eodem momento, quo ferrum ab acido decidit, ab alcali combibitur.

other Vegetables in the *Aſhes* of which *Iron* is equally to be found.

I ſhall therefore endeavour to point out the Specific Difference upon which this depends.

That the Kali contains an *Animal Phlogiſton*, I apprehend, will appear from theſe circumſtances: a Volatile Salt, and an Oil exactly reſembling an *Animal* one, are obtainable from it; the plant when putrefied yields a ſmell not diſtinguiſhable from that of putrefied *Animal* Subſtances, and in that ſtate it is reſorted to by Flies, and Worms are bred in it; when expoſed to a naked fire, it's ſmell reſembles that of burned Feathers or other parts of *Animals*. (20)

This Animal Subſtance ſeems to have been received by the Plant, during it's growth, from the Sea-Water, which appears to be impregnated with an Unctuous matter, ariſing probably from the Animals which inhabit it: by this Unctuous or Saponaceous quality the Froth, which ariſes from the Agitation of the Waves in tempeſtuous weather, is cauſed.

---

(20) Flora Saturniſans Supplem. Cap. 2. Henckel who has in this Chapter given the account of the Kali, which I have here related, attributes the Blue procurable from this Plant to the reſult of an Acid united to the earth of any plant which is impregnated with Sea-Salt. " Je crois pouvoir conclure qu'il " eſt poſſible de faire une *Couleur bleue* avec la *terre* d'une plante " impregnée de *Sel Marin*, et un Acide quelconque." He does not ſuſpect that *Iron* was concerned in the production of that Colour: nor has it been hitherto obſerved by any Writer that I have met with that the *Marine Plants* are really poſſeſſed of an *Animal Principle*.

Thus the property in the Kali of yielding a Blue Precipitate ſeems to depend upon this difference of it's Inflammable Principle from that of other Plants. For the Kali is *naturally* ſtored with an *Animal Phlogiſton*, which enables it's Alcaline Lixivium powerfully to diſſolve the Iron contained in it's Aſhes. The Fixed Alcaline Salts of other Plants acquire the ſame Solvent Power by the *Artificial* Addition of an *Animal Phlogiſton*, viz. that which is contained in Blood or other parts of Animals Calcined with thoſe Alcalies.

2) Another remarkable inſtance of the *Solution of Iron* by a Fixed Alcali appears in the Deflagration of that Metal with Nitre, for by that means the *Iron* unites with the *Alcaline* Baſe of the Nitre, and with it becomes ſoluble in Water: the Solution is tinged of a *Purpliſh Blue*. (21)

This Colour appears to me to be evidently cauſed by the ſame Ingredients, which produced it in the Pruſſian Blue. For it is well known that Nitre is poſſeſſed of an *Inflammable Matter*, and I apprehend that it imparts a portion of that Principle, together with it's Alcali, to the Iron, during it's Detonation with it.

It

(21) Juncker, Conſpect. Chem. Vol. i. p. 934.
Ferrum cum nitro accenditur experimento Croci Zwelferi, ubi ſi equales partes limati ferri et Nitri in tigillum candens immittatur, et facta fulguratione, maſſa cito exemta elutrietur aqua affuſa, hæc ſaturate *Violaceo*, non rubro ut vulgo ſcribunt, Colore tingitur.

It is probable that the *Phlogiſton* of Nitre is of the *Animal* kind, as it owes it's Origin chiefly to ſuch Animal matters as yield an Oily Urinous Salt. (22)

Kunckel obtained from Blood, (the Subſtance uſed to impart it's Phlogiſton to the Alcali in the preparation of Pruſſian Blue) a twentieth part in weight of Nitre. (23)

I do not ſee any reaſon to diſbelieve that a portion of the Nitrous Acid is, during the Detonation, united with the Iron, as well as the Alcali: when it is conſidered how great an *Affinity* there is between that *Acid* and *Iron*.

This Detonation therefore may be conſidered as an Operation ſimilar to the Calcination, by which the Lixivium uſed in the Proceſs of the Pruſſian Blue is prepared: For in both a *Fixed Alcali* and an *Animal Oil* are united by the force of Fire.

---

(22) Neumann's Chym. by Lewis, p. 198.

All Animal and Vegetable Subſtances contribute to the production of Nitre, in ſo far as they are ſuſceptible of putrefaction. Animal Subſtances, as being moſt diſpoſed to putrefy, are for this uſe the moſt proper; and the ſoft and fluid parts more ſo than the ſolid and the hard.—The following compoſitions are proper—Lime, Salt, raſped Horns and Hoofs, cuttings of Leather, and other refuſe *Animal* Subſtances, human Urine, &c.

(23) Juncker, Conſpect. Chem. Vol. ii. p. 325.

Kunckelius ex *Sanguine animalium* Nitrum ſequente modo paravit. Sanguinem recentem in locum calidum ad putreſcendum tam diu repoſuit, donec in terram converſus eſſet: Hanc terram poſtea elixando, lixiviumque ad cuticulam uſque evaporando, et demum cryſtallizationi exponendo tractavit, atque hac ratione genuinum Nitrum obtinuit; ea quidem quantitate ut centum libræ ſanguinis quinque et plures libras Nitri ſuppeditaſſent.

The other ingredients uſed in this Experiment, viz. Iron, and a Mineral Acid, as well as the Fixed Alcali, and Animal Phlogiſton, are ſimilar to thoſe employed in the preparation of Pruſſian Blue, and the Colour, reſulting from the mixture in the preſent caſe, is nearly the ſame.

The mixture of *Purple* with the *Blue*, which takes place more in this preparation than in the Pruſſian Blue, will be explained preſently.

I have, in the note, given the Proceſs as I find it related by chymical writers, the Remarks and Explanation of it are ſuch as have occurred to me.

3) I had many years ſince obſerved that *Galls*, infuſed in diſtilled Water only, were ready *Solvents* of *Iron:* and by a *Solution* of that Metal in an Infuſion of Galls, I not only prepared an extremely Black and durable Ink, but by it's means, without the addition of any Acid, I dyed Silk and Woollen Cloth of a good and laſting Black.

I was ſatisfied from many Experiments which I have made on thoſe Aſtringents, that they contain an *Inflammable matter* which, from the means of their formation as well as from other reaſons, appear to be principally of the *Animal* kind. One remarkable effect ariſing from this Phlogiſton in Galls, is the ready and violent Efferveſcence which takes place when they are diſſolved in the Nitrous Acid: For, upon mixing Galls with Aqua Fortis, I found that they were diſſolved with an ebullition, heat, and rapid emiſſion of Fumes, equal to thoſe which accompany the Solution of Iron in the ſame Acid.

I ſhall in a future paper ſhew that Galls, even in their intire ſtate, before they have been burned, contain a large quantity of Fixed Alcaline Salt.

Several other curious Circumſtances attended the examination of Galls, but as they do not relate to this Subject, I ſhall reſerve an account of them to another occaſion.

After having obſerved that an *Animal Phlogiſton* and the Power of *Diſſolving Iron* were United in the Infuſion of *Galls*, as well as in the *Lixivium* uſed in the Proceſs of *Pruſſian Blue*; it readily occurred to me that the mixture of *either* of theſe Liquors, with a Solution of Vitriol, produces the effect of Changing it's Colour from *Green* to *Blue*, by one and the ſame cauſe, viz. by *farther diſſolving* the *Iron* contained in the Vitriol.

The *production* of Black, Blue, and Purple in Vitriolic and Chalybeate Waters, from the application of Galls and other aſtringent Vegetables, has been conſtantly obſerved, but I believe the *Cauſe* of thoſe Colours and of the difference of them has not hitherto been aſſigned. I ſhall, in order to explain theſe appearances, relate ſome Experiments and Obſervations which I have made on this Subject.

Iron ſeems to be in the moſt perfect State of Solution in the Chalybeate Waters: Their Tranſparency, their Want of Colour, and their Medical

Efficacy, ariſe from the *Iron* contained in them, being divided into extremely *minute* particles.

This minute diviſion of the Iron is undoubtedly cauſed by the Ingredients which are added to the Vitriol in thoſe Waters. Theſe ingredients, as appears from the accurate experiments of Seip, are principally an Alcaline Salt, and a calcareous earth.

Having learned from hence, that the Iron ſo minutely divided in theſe Waters is united to an *Alcali*, as well as to the *Vitriolic Acid*; in order to produce the like effects by artificial means, (as far as relates to the ſubject of this paper) I made the following Fxperiments.

To four ounces of a Solution of Pot-Aſh, I added half a Drachm of a ſaturated Solution of *Green Vitriol*; after this mixture had ſtood ſome time, a great part of the Iron was precipitated. I then decanted the clear Liquor and filtered it.

To an ounce of this liquor I added one ſmall drop of an infuſion of Galls, which inſtantly produced in it a beautiful *blood Red*, without the leaſt admixture of *blue*.

To an ounce of a ſaturated ſolution of *Green Vitriol* I added one drop of an infuſion of Galls, which produced in it a *Blue* without the leaſt admixture of *Red*.

From theſe Experiments it appears, 1) that the Iron contained in Vitriol is capable of *being farther diſſolved* in a *Fixed Alcaline* ſubſtance, for a ſmall quantity of that Metal, is in this experiment *Diſ-*

ſolved and permanently diffuſed throughout a large quantity of the Solution of Pot-Aſh.

2) *Green Vitriol,* which with Galls afforded a Blue Colour, when *farther diſſolved* in an *Alcali,* is found to *Aſcend* from Blue to *Red,* by means of that *Attenuation.*

3) It appears, from theſe Experiments, that the different degrees of *Purple* and *Blue,* which have been obſerved in Chalybeate Waters, may be eaſily accounted for, from the *Greater* or *Leſs* prevalence of the *Acid* or *Alcaline* Ingredients in thoſe Waters.

4) As an Infuſion of *Galls* has been already ſhewn to poſſeſs a power of *Diſſolving Iron,* the *Blue* Colour into which *Green* Vitriol is changed by the addition of thoſe aſtringents, ſeems to ariſe from the Iron in the Vitriol being *farther Attenuated* by the *Galls;* it's Colour *Aſcending* accordingly from *Green* to *Blue,* the Colour next *above.*

In the ſame manner, when to a Chalybeate Water, which with a Small quantity of Galls produces a *Blue* or bluiſh Purple, a Larger portion of Galls is added, the Colour *Aſcends* from *Blue* to *Red,* by means of their *Solvent* quality.

Thus it appears that *Green* Vitriol, by the addition of Galls which per ſe poſſeſs a power of *Diſſolving Iron, Aſcends* from *Green* to *Blue;* and that the ſame by a *farther Attenuation* in a *fixed Alcali,* or by a *larger* quantity of *Galls, Aſcends* farther from Blue to *Red* being ſtill farther *Divided.* And

5) It appears that in the production of *Blue* or *Purple* by the union of *Galls* and *Vitriol,* ſimilar

Principles are employed, as in the production of thoſe Colours in Pruſſian Blue, the Blue from the Aſhes of Kali, and from Iron deflagrated with Nitre: For I have ſhewn that the Ingredients in each of theſe proceſſes, are *Iron*, a *Fixed Alcali*, a *Mineral Acid*, and an *Animal Phlogiſton*.

It muſt here be obſerved that in all theſe proceſſes the *Phlogiſton*, beſides it's Solvent power, produces another effect on the Iron: For by uniting with the Metallic particles, it greatly Increaſes their Reflective and Refractive power, and thereby enables the ſolution of Vitriol, &c. (which, according to it's degree of dilution, is either Colourleſs or faintly Coloured) to exhibit an extremely *Vivid* Colour.

The *Change* of the Colour of *Green* Vitriol therefore from *Green* to *Blue* and *Purple* is cauſed by the *Solvent* quality of the *Galls*, &c. and the *Vividneſs* of the Colour is occaſioned by the addition of the *Inflammable* matter to the ferruginous particles, whereby their Reflective and Refractive power is greatly increaſed, according to the Doctrine of Sir Iſaac Newton, who has ſhewn that the Reflective and Refractive powers of Inflammable bodies are much greater than thoſe of other Subſtances.

This Obſervation of the Increaſe of *Vividneſs* when *Inflammable* Subſtances are uſed, ſuggeſted to me the thought of Diſſolving *Green* Vitriol in Spirit of Wine, and I accordingly found that the

Blue Colour produced from that Solution, by the Addition of Galls, was extremely beautiful and Vivid, greatly exceeding that which aroſe from the Solution of the ſame Vitriol in Water.

The other circumſtances of theſe proceſſes, relative to *Blue* Subſtances produced from *Iron*, may be alſo illuſtrated by the conſideration of the qualities of the Ingredients which enter into their compoſition.

It is well known that Inflammable Subſtances are miſcible with Fixed Alcaline Salts, and with them form a ſaponaceous compound.

The readineſs with which the *Animal Phlogiſton* is united *to Iron*, appears from the converſion of that Metal into Steel, for in that operation, the Iron imbibes from Horn, Leather, or other *Animal* Subſtances, ſo much Phlogiſton, that it becomes ſaturated with it: and the Calx of Iron, like that of all other imperfect Metals, readily unites with Fat Subſtances in general.

It is not therefore to be wondered at that the *Inflammable Principle*, which appears to have ſo great an *Affinity* with *Iron* ſhould by it's Union with Fixed Alcaline Salts, communicate to them a greater Solvent power relative to that Metal.

From theſe Experiments and Obſervations it appears that *Green* Vitriol, in proportion as it is Deprived of it's Solvent part, is changed to *Yellow*, *Orange*, *Red*, and *Purple*: and by a contrary proceſs, viz. by a farther Attenuation by means of the Phlogiſticated Lixivium, in the Proceſs of Pruſſian Blue, &c. the Colour of the Iron *Aſcends* from Green to *Blue*.

Iron attenuated by Alcali and Phlogiſton - - - - - - - - -	Blue.
Vitriol of Iron - - - - - - -	Green.
Vitriol of Iron in proportion as its Solvent part is expelled - - - -	Yellow. Orange. Red. Purple.

Thus *all* the primary Colours are produced from the ſame Metal, in proportion as it's particles are *Attenuated* or *Incraſſated*.

Changes of Colour in Iron united to Glaſs.

IRON is not only Soluble by the means hitherto mentioned, but it may be Diſſolved alſo by mixing it with other Subſtances which are capable of being intimately united with it.

Glaſs is one of the moſt convenient Subſtances for this purpoſe: For according to the Quantity of Glaſs uſed in diſſolving the Iron, and the degree of Heat employed in effecting the Solution, all the primary Colours are produced.

Red.

Thus when a *large* quantity of calx of Iron is united with a *ſmall* proportion of Glaſs, and a moderate heat is applied, the *Red* (24) Enamel Colour is produced: the *Red* generally uſed on the Porcelain of China is ſaid to be of this kind. A *Red* Glazing for earthen ware is alſo made from theſe ingredients. (25)

Yellow.

If a Leſs proportion of Iron be mixed with Glaſs it imparts to it a Yellow Colour: by this means Topazes are imitated, and I have produced ſeveral ſorts of *Yellow* by diſſolving a proper quantity of Iron in a tranſparent Colourleſs Glaſs.

---

(24) Felibien, *Princ. de l'Archi.* — *Lib.* 3. *Cap.* 10. — *de l'email* 310. " Le *Rouge* qui repreſente a peu prés le Vermilion, " eſt fait avec du *Vitriol, qu'on calcine* entre deux creuſets luttez. " Il ne lui faut qu'un *feu mediocre* d'environ une heure."

Art *de la verrerie, de Neri, Paris*, 1752. p. 70.

Le crocus martis ou ſaffran de Mars n'eſt autre choſe qu'une bonne calcination du fer, au moyen de laquelle il donne une couleur très *Rouge* au *Verre*..

(25) Kunckel, Art de la verrerie, Lib. 2. § 53.

Autre couverte Rouge encore plus belle; Prenez des morceaux de verre blanc; reduiſez les en une poudre impalpable; prenez enſuite du *Vitriol Calciné juſqu'a devenir Rouge*, ou plutot du caput mortuum qui reſte après la diſtillation de l'huile de vitriol, édulcorez le avec de l'eau chaude pour enlever les ſels; prenez de ce caput mortuum autant que vous jugerez en avoir beſoin, et mêlez le avec le verre broyé; vous aurez par ce moyen un très beau *Rouge* dont vous pourrez vous ſervir à peindre, vous ferez enſuite recuire votre ouvrage.

Iron is alſo frequently uſed in *Yellow* Glazings for earthen ware. (26)

Green.

I expoſed to a great degree of heat, and for a conſiderable Time, a piece of *Yellow* Glaſs, which had received its tinge from *Iron* alone; by this means the *Yellow* was changed into *Green.*

I have, in a former paper, (27) ſhewn that the *Green*, with which the Glaſs uſed for bottles is tinged, is occaſioned by the *Iron* contained in the Vegetable Aſhes and Sand, of which that Glaſs is compoſed. The Quantity of Iron contained in theſe materials, is much leſs than that which enters into the Compoſition of the *Yellow*, and *Red* Glaſs: the Vegetable Aſhes contain a very ſmall proportion of Iron: From the Sand I ſeparated, by a magnet, grains of Iron ore weighing about one twentieth part of the Sand; and it is probable that thoſe grains do not conſiſt intirely of Iron, but are mixed with a ſtony matter.

Blue.

When the pots in which this *Green Glaſs* has been kept in fuſion are nearly emptied, the Glaſs remaining at the bottom of them is always *Blue*: this is cauſed by it's continuing Longeſt expoſed to the fire, and in ſo ſmall a quantity that the fire has a Greater effect upon it. The whole maſs acquires the ſame *Blue* colour, if too much ſand be added in proportion to the aſhes; for in that caſe the materials being more difficult of fuſion, the workmen are obliged to apply a Greater Heat, and to continue it longer.

---

(26) Kunckel, Art de la Verrerie, Part 2. § 30.
Couverte d'une beau *Jaune.*
Prenez ſeize parties de Cailloux, de *Limaille de Fer* une partie de litharge 24 parties, faite fondre ce melange.

Ib. § 35. Prenez de Cendres de plomb et de Cailloux blancs douze parties, de Limaille de Fer une partie, faites fondre a deux repriſes.

(27) Philoſo. Tranſ. Ann. 1765.

I expoſed ſeveral pieces of *Green* bottle glaſs made at different glaſs houſes, under a muffle, to a ſtrong fire, for the ſpace of half an hour, and found that they were all become *Blue*.

I have, in the paper already referred to, mentioned ſeveral other inſtances of beautiful *Blue* Colours produced by the mixture of ſmall quantities of *Iron* with Glaſs, expoſed to a great Heat for a long time.

Henckel by that means produced a *Blue* Glaſs equal in Colour and beauty to a Sapphire. (28)

Gellert obſerved alſo that *Iron* imparts to glaſs this colour. (29)

Mr. Lehman obtained the ſame Colour from Emery, which is a kind of *Iron* Ore, or Ferruginous ſtone, by mixing it with a Vitrifiable earth, which Colour he attributes to the *Iron* contained in it. (30)

---

(28) Henckel, Diſſert. 6. On a Blue Colour obtained from Iron.

(29) Gellert. Chem, Metallurg. Vol. 2. Prob. 97.

Neri mentions a *Sky* colour imparted to Glaſs by Bohemian Granates, and he conſtantly uſed ſuch a Compoſition at a Manufactory in Flanders. (31) It is well known that *Iron* is the metal contained in thoſe Stones (32,) that they obey the loadſtone, and that being calcined with a proper heat, they yield a conſiderable quantity of *Iron*. (33)

I expoſed, in a crucible, to a glaſs-houſe fire, for the ſpace of thirty hours, part of a flint Glaſs retort in which a native *Green* Vitriol of *Iron* had been diſtilled, and which had been corroded and tinged by it: by this means it became Coloured of a *fine* tranſparent *Blue*, not diſtinguiſhable from that which Cobalt imparts to Glaſs.

From these Experiments and Obſervations, it appears that when *Iron* is divided into very *Small parts*, by means of a Large quantity of Glaſs, and by a violent Heat, it's Colour is *Blue*: in proportion as it is leſs Divided, by the mixture of a Smaller quantity of Glaſs, or the application of a Leſſer Heat, it's Colours are Green, Yellow, and Red.

Iron

---

(30) Lehman, Treatiſe on the formation of Metals, p. 37.

(31) Neri, Chap. 90.

(32) Boyle of Gems. Shaw's Abridg. Vol. iii. p. 107.

(33) Juncker, Conſpect. Chem. Vol. i. p. 273.
Multi *Granati* minus pellucent, atque ex his vulgares præduri, et alioquin igne indomiti, per ignem ſolarem grandibus vitris cauſticis collectum, denique in fluorem redacti ſunt, ac merum ferrum præbuere.

Iron moſt Diſſolved by Glaſs - -	Blue.
Iron, in proportion as it is Leſs Diſſolved by Glaſs, - - - - - - -	Green. Yellow. Red.

Colours of Iron Diſſolved in different Menſtrua.

FROM Iron, diſſolved in its ſeveral Menſtrua, Colours are produced in proportion as the Solvent Power of thoſe Menſtrua is greater or leſs.

Thus, with the Vitriolic Acid which has the greateſt Solvent power relative to (34) that Metal, it gives a *Green* Colour. (35)

With the *Nitrous* (36) and *Marine* (37) Acids, whoſe ſolvent power is weaker than that of the Vitriolic, it gives a *Yellow* or *Orange* Colour.

---

(34) Juncker, Conſpect. Chem, Vol i. p. 207.—Ferri Exiguam portionem imbibit *Aqua Fortis*, adhuc *Minorem* ſpiritus *Salis*, *Plurimam* acidum *Vitrioli*, *Minimam Acetum*.

(35) Ib. Vol. i. p. 209.—Acidum *Vitrioli* cum Ferro *Gramineum* colorem repræſentat.

Ib. Vol. i. p. 936.—Ferrum ſolvitur ab acido Sulphuris ſeu *Vitrioli* in *Graminei* coloris ſolutionem, quæ in cryſtallos Vitrioli Martis artificialis concreſcit.

(36) Ib. Vol. i. p. 209.—Acidum *Nitri* cum *Ferro* Flavorubellum colorem ſiſtit.

(37) Ib. Vol. 2. p. 331.—Spiritus *Salis* cum *Ferro* parum tingitur, et colorem vix *Flavum* exhibet.

When diſſolved in the *Vegetable* Acid of *Tartar* (38,) or Vinegar (39,) whoſe ſolvent power is ſtill weaker than that of the Mineral Acids, a *Red* Colour is conſtantly produced.

A ſimilar Red is alſo produced by a ſolution of Iron in Aqua Fortis, when it's Solvent power is Weakened by the addition of Neutral Salts (40,) of Alcaline Salts (41,) or of the Weaker Vegetable Acids (42).

It appears, from the 38th and 40th notes, that the medical qualities of *Iron* may be, in ſome meaſure, diſtinguiſhed by it's Colour. For the *Red* preparations of that Metal, being united to to the Weakeſt Solvents, are much milder than

---

(38) Ib. Vol. i. p. 937.—*Ferrum* ſolvitur ab *Aceto* deſtillato, quocum cryſtallos *Dulces* largitur, itemque a *Tartaro* in *Subrubicundam* tincturam.

(39) Ib. Vol. i. p. 374.—*Ferrum*—quocum *Acetum* conſtantiorem *Rubedinem* ſubit.

(40) Ib. Vol. ii. p. 249.—Ex *Marte* Cryſtalli *Rubentes*, *uſui Interno* ſatis *Commodæ* per Aquam Fortem, pauxillo Nitri alteratam adquiri poſſunt.

Ib. Vol. i. p. 367.—Extractio Ferri per Acetum, Sal ammoniacum et Aquam Fortem.

—— Si ſub initium nec ulla agitatio, neque externus Calor acceſſerit, tincturam Coloris prorſus Sanguinei habebis.

N. B. By avoiding Heat or Agitation, the power of this Solvent is ſtill farther weakened.

(41) Ib. Vol. i. p. 217.

(42) Ib. Vol. ii. p. 254.—Vitriolum cum Aceto deſtillato digeſtum, Viridem in Rubrum Colorem mutat.

Ib. Vol. i. p. 375. Crocus Martis tenerrimus qui per Aquam Fortem e Ferro ſeparatur, uti per aquam regis ſolvitur aurea flavedine; ita ſimulatque huic ſolutioni Acetum deſtillatum adjungitur, pulcherrima Rubedo exiſtit.

thoſe which contain Iron more minutely Diſſolved by the Stronger Acids.

Iron diſſolved in it's Strongeſt Acid Solvent, the Vitriolic Acid, - -	Green.
In it's Weaker Acid Solvents, the Marine and Nitrous Acids, - - -	Yellow. Orange.
In it's Weakeſt Acid Solvents, the Vegetable Acids, - - - - - - -	Red.

Colour of Calces of Iron Precipitated from it's Solutions.

WHEN the Iron, diſſolved in the Vitriolic Acid, is Precipitated from that Solution, it's parts, by *Coaleſcing* into Larger maſſes, *Deſcend* in Colour from Green to *Yellow*, and are depoſed in form of an Ochre. (43)

The *Yellow* Solution of Iron in the Nitrous Acid, in the ſame Manner, lets fall a *Red* Sediment, when ſuperſaturated (44,) and this is more effectually brought about when the Iron is rapidly diſſolved (45;) for in that caſe the Solution becomes the more Saturated, and the Iron is precipitated from it in a denſer ſtate. Accordingly, as in the *Green* Solution by the Vitriolic Acid, the Colour of the Precipitate Deſcended to *Yellow*; in this *Yellow* Solution the Colour of the Precipitate Deſcends to *Red*.

---

(43) Ib. Vol. ii. p. 249. — Purificatur Vitriolum ſolvendo in aqua pluvia, aut quacumque deſtillata. — Hac ratione ſenſim demittit ſedimentum, *Ochram* Colore æmulans.

(44) Ib. Vol. i. p. 211. Hoc modo Aqua Fortis magnam adhuc quantitatem *Ferri* corrodet et in *crocum Rubrum* convertet.

(45) Ib. Vol. i. p. 214. — Si limatum ferrum uſque ad triginta grana per vices ingeratur, tum decidens crocus ex *Rubro Flaveſcit*; ſi vero *per uncias* injectio fiat, idem *Rubicundum* magis Colorem repræſentabit.

The Sediment from Iron diſſolved in the Marine Acid is black, probably from retaining it's Metallic State, it being a known property of the Marine Acid, that it does not effectually deprive Iron diſſolved in it of it's Phlogiſton. (46) The ſediment in this State reſembles the Metals reduced to Blackneſs by rubbing them upon other Subſtances, to draw black lines, or by being ground ſmaller. But when part of the Colouring particles have thus ſubſided from the ſolution, the Liquor becomes by that means *Rarer*, and it's Colour Aſcends from *Yellow* to *Green*. (47)

Colour of Calces of Iron Diſſolved.

AS this proceſs is contrary to that of Precipitation, ſo the changes of the Colours ariſing from it, proceed in a contrary Order, *Aſcending* by means of the *Solution* of theſe Calces.

---

(46) Dict. de Chym. par M. Macquer.
Fer — L'acide Marin diſſout auſſi le fer avec facilité, et meme avec activité; mais il ne lui enleve point ſon principe inflammable auſſi efficacement que l'acide nitreux, et meme que le vitriolique, quiqu'il ne le laiſſe point ſans altération à cet egard.

(47) Ib. Vol. i. p. 209. — Acidum Salis communis cum Ferro primum aliquantum *Flaveſcit*, dein *Virideſcit Subſidente* ſenſim nigro *Sedimento*.

Thus the Colour of the *Red* Calx of Vitriol *Diſſolved* in Spirit of Salt is *Yellow*. (48)

The *Red* Crocus alſo which ſubſides from a ſaturated Solution of the Iron in the Nitrous acid as above deſcribed, changes it's *Red* into *Yellow* by Solution in Aqua Regis. (49)

Colours of Iron in Mineral Subſtances.

MINERAL Subſtances are frequently impregnated with Iron, in each of the ſtates which have been here deſcribed, and their *Colours* correſpond with the ſtate of the Iron contained in them.

Red.

Thus *Red* Ochres are frequently met with, which conſiſt of earthy or ſtony Subſtances, united to a Ferruginous matter, ſimilar to *Vitriol Calcined to Redneſs*.

---

(48) Boerhaave Chem. Proceſs 166.

The Golden Tincture of Vitriol of Iron.

To a quantity of the *Red* Vitriol of Iron, made perfectly dry, and put into a tall bolt-head, pour twenty times it's weight of dulcified Spirit of Sea-Salt; digeſt for a month, and thus a *Gold-coloured*, ſweetiſh, Styptic Liquor will be obtained.

(49) Juncker, Conſpect. Chem. Vol. i. p. 379.

Crocus martis aqua forti ſola ſenſim delabens *Solvitur* quidem ab aqua regis in *Auream* colore tincturam.

Ib. Vol. i. p. 213.—Copioſæ fæces *Rubellæ* ſeu *Rubro-flaveſcentes*, quæ per bonam aquam fortem ex ferro ſeparantur, magna ex parte ſimiles ſunt puro croco martis per ſe parato, ideoque in aqua forti, ſeu ſpiritu nitri non amplius ſolvuntur. Velocitur autem penituſque imbibi ſe ſinunt ab *aqua regia*, rite præſcripta, in eaque tam pulcram tincturam exhibent, quam vel puriſſimum *Aurum ſolutum*.

Red Calces of Vitriol are ſometimes, but rarely, found native. (50)

All the Clays, &c. which upon being expoſed to the fire aſſume a *Red* Colour, are impregnated with *Iron*; and it is from the Calcination of that Metal that their *Red* Colour is produced, as in the Calcination of *Vitriol*, or of *Iron* per ſe, by a conſiderable degree of Heat.

Garnets, as I have already obſerved, owe their *Red* Colour to *Iron*, and it has been ſhewn that their Ferruginous particles, when much *attenuated* by the addition of a large quantity of Glaſs, communicate to it a *Blue* colour: by a mixture of them with a *leſs* proportion of Glaſs than that which Neri uſed to produce a *Blue*, I have made *Yellow* and *Green* Glaſs.

Yellow.

The *Yellow* Ochres conſiſt of Stony or Earthy Subſtances, united to a Ferruginous matter ſimilar to *Vitriol* calcined to *Yellowneſs*, and are capable, in like manner, of being changed to a *Red* Colour by a farther privation of their acid ſolvent part by Heat.

The *Yellow* ſediments depoſed by Chalybeate waters are of the ſame kind.

Green

---

(50) Ib. Vol. ii. p. 244.—Vitriolum *Rubrum*, quod omnibus rariſſimum, vocatur chalcitis, ſeu *Colcothar naturale*. Fuiſſe creditur Vitriolum Viride, ab igne ſubterraneo *Calcinatum*.

Green.

Green Vitriol of Iron is often found native, and is ſimilar in its other qualities, as well as in it's Colour, to the Artificial *Vitriol of Iron.*

Blue.

A *Blue* Earth is frequently found in Peat Moſſes, an account of this Subſtance was read at the Royal Society, Feb. 13, 1766, and it appears from that paper that *Iron* is the metal with which this *Blue* Earth is impregnated.

It ſeems to me probable that the *Iron* contained in this Subſtance was diſſeminated through the Vegetables whilſt growing, of which the Peat is well known to be compoſed, and this may be the cauſe of it's Particles being ſo minutely *Divided* as to produce a *Blue* Colour.

I have produced a *Blue* very ſimilar to this by expoſing Vegetable Aſhes to the heat of a Furnace for ſome days.

Mr. Margraf. Opuſcules Chym. Diſſ. 23, has ſhewn that the *Blue* Colour of Lapis Lazuli is owing to *Iron* contained in it.

THUS it appears that all the Changes of Colour, to which Iron is ſubject, are entirely conformable to the Law which prevails in Vegetable and Animal Subjects. (51)

Changes of Colours in Mercury.

The Experiments which have been made on Mercury, by the Chymiſts, Alchymiſts, and various Artificers, are extremely numerous: but none of them have hitherto been employed in Optical Inquiries. In my application of them to this Subject, I have cited ſuch Authors as have beſt deſcribed the Circumſtances relative to it: preferring their Authority, when it was to be met with, to a relation of my own Experiments on that Metal. Amongſt the Chymical Works, which I have referred to on this occaſion, thoſe of M. Bayen have afforded me the greateſt aſſiſtance, as will appear from the Paſſages which

---

(51) A few Copies of the part of this Work preceding page 55, were printed ſome years ago, but were not publiſhed. A French Tranſlation of it, together with an Introduction written by the learned Profeſſor De Caſtillon, is inſerted in the Memoirs of the Royal Academy of Sciences and Belles Lettres of Berlin, for the Year 1774. The ſubſequent Experiments and Obſervations have ſince been added.

I have tranſcribed from his Eſſays on the Nature of Mercurial Precipitates. (52)

The Preparations here conſidered, are arranged according to their ſeveral Solvents; and the colours of each of them are conformable to the Rule, which obtains in all the inſtances already given.

Colours of Mercury diſſolved in the Nitrous Acid.

From Mercury, diſſolved in the Nitrous Acid, a white Salt is obtained, which is called Mercurial Nitre. In proportion as the Solvent is extricated from it, the Maſs becomes *Yellow*, then *Orange*, and laſtly *Red*.

(1.) The expulſion of the Acid, and the conſequent Changes of Colour, are readily effected by expoſing the Mercurial Nitre to a gradual heat, by which means the Acid riſes in Vapours, and its Evaporation is accompanied by thoſe Alterations of Colour in the Maſs. (53)

---

(52) Eſſais Chymiques, ou Expériences faites ſur quelques précipités de Mercure, dans la vue de découvrir leur nature. Par. M. Bayen.—Journal par M. l'Abbé Rozier. Paris.

(53) Macquer. Dict. Chym. Art. Red Precipitate. "If a ſolution of Mercury, in nitrous Acid, be reduced to dryneſs by Evaporation,

The Red Matter, which finally reſults from this Operation, is improperly called a Precipitate: as it is a Calx of Mercury, from which the greateſt part of the Acid Menſtruum has been expelled by heat, in the ſame manner as when Colcothar is obtained from Vitriol of Iron.

(2.) When the tranſparent colourleſs Solution of Mercury in the Nitrous Acid is applied to various ſolid matters, as Bones, the Skin, &c. the Acid is abſorbed by theſe Subſtances, and the Mercury, thus deprived of its Solvent, aſſumes a Purple Colour.

(3.) Although the Nitrous Acid is moſt readily and effectually expelled from the Mercurial Salt by

ration, and the mercurial Nitre thence formed be put into an open matraſs ſet in a ſand-bath, with a fire gradually increaſing, the nitrous Acid will diſengage itſelf from the Mercury, and evaporate in a red vapor. *While the Acid evaporates*, the ſaline Mercurial maſs loſes its original whiteneſs, becomes *Yellow*, then *Orange*, and laſtly *Red*."

The Work from which this paſſage is quoted, although arranged in the form of a Dictionary, is one of the beſt general Treatiſes on the ſubject, and is written by an excellent Chymiſt: for which reaſon I have not ſcrupled to cite it where the Proceſſes, to which I refer, are more fully deſcribed than in other chymical works.

heat, yet there are other methods by which a conſiderable quantity of it may be extricated.

When a ſaturated Solution of Mercury in this Acid is diluted by a large Quantity of Water, part of the Solvent is ſeparated, and a Yellow Precipitate is immediately formed from this Decompoſition of the Saline matter. M. Monnet, in a Treatiſe which abounds in new and uſeful remarks, calls this Yellow Precipitate Nitrous Turbith. (54) The ſame effect is alſo produced by a proper application of Water to Mercurial Nitre. (55)

In order to preſerve the Colour of the Maſs thus procured, it is neceſſary to guard it from the Light of the Sun: for I have often obſerved that, when this Preparation is expoſed in a clear glaſs veſſel, even though it be cloſed and filled with water, the ſide which is neareſt the window becomes black, whilſt the oppoſite ſide continues Yellow. (56)

---

(54) Traité de la Diſſolution des Metaux, par M. Monnet. Amſterdam, 1775, c. 13, §. 2.

(55) Ib.

(56) This effect appears to be produced by the communication of Phlogiſton from the Matter of the Sun's Light: For, whenever any metallic ſubſtances are poſſeſſed of much inflammable matter, whilſt they

(4.) When Mercury, thus diſſolved, is deprived of its Menſtruum by various Earths, or Alcalies, its Precipitates aſſume a Green, Yellow, Orange, or Red Colour, according as more or leſs of the Acid is ſeparated from the Metal by their means.

Thus Lime, whoſe Affinity to the Acid is leſs than that of Alcalies, gives a *Green* or Olive colour-

ed

---

they are reduced into minute particles, they become *Black.* As when Calces, from the Solutions of *white* Metals, are expoſed to the Vapours of Hepar Sulphuris, or are precipitated by it: When Mercury is precipitated from its Solution by volatile Alcali, on account of the inflammable matter which it is known to contain; when Æthiops Mineral is formed by a large proportion of Sulphur with Mercury; or when that Metal, or others, are mechanically reduced into a fine powder, ſtill retaining their original quantity of Phlogiſton.

In the ſame manner the Solar Light communicates Blackneſs to the white Precipitate of Biſmuth, to Mercurius Dulcis, to the Acetous Mercurial Salt, and to a Solution of Silver from which the acid has been abſorbed by chalk.

I have placed theſe Remarks ſeparate, becauſe although they relate to the colour of Mercurial Preparations; yet as the change, which is here obſerved, does not ariſe from a greater or leſs degree of Solution, it does not immediately fall under the main ſubject of our conſideration.

ed Precipitate. (57) It is not neceſſary to enumerate the ſeveral Precipitants of an intermediate Strength, by which the intermediate Colours are produced: I ſhall only obſerve that a Solution of fixed Alcali, from its great Affinity with the Menſtruum, abſorbs ſo much of it, that the Precipitate formed by its aid becomes *Red*. But, in order to give the utmoſt Brightneſs to the Colour of this Preparation, it is neceſſary further to extricate by Heat the portion of Acid, which remains united with it: for, after this Operation, its Red Colour becomes equal in Luſtre to that of Vermilion. (58)

---

(57) Exp. par M. Bayen. Février, 1774, p. 131——138. J'ai fait diſſoudre quatre onces de Mercure crud dans une ſuffiſante quantité d'eſprit de nitre pur——J'ai verſé ſur huit pintes d'Eau de Chaux récente, une ſuffiſante quantité de diſſolution mercurielle, et j'ai obtenu un précipité de couleur *Olive* foncée.

(58) Ib. p. 131—133. J'ai verſé deſſus peu-à-peu une quantité ſuffiſante de liqueur de ſel de tartre fort étendue d'eau diſtillée; il s'eſt fait un coagulum *Rouge*, qui bientôt a gagné le fond du vaſe.——Par des lavages multipliés, tant à chaud qu' à froid, j'ai édulcoré, autant que j'ai pu, le Mercure qui étoit ſous la forme d'une poudre *Rouge*.

J'ai mis quatres gros du meme Précipité dans un boçal de verre, haut et étroit, que j'ai plaçé dans un bain de ſable qui pouvoit recevoir un aſſez grand degré de chaleur. La matiere, en s'échauffant peu-à-peu, exhala bientot des vapeurs acido-nitreuſes——La matiere employée à cette opération avoit perdu quinze grains, ſoit en acide, ſoit en mercure revivifié; et de couleur de brique obſcure qu'elle étoit avant ſa calcination, elle étoit devenue d'un *Rouge vif*.

(5.) The ſame Precipitate, when expoſed to a conſiderable heat in a glaſs retort, is ſublimed, and forms layers regularly arranged in the neck of the Veſſel, of the following Colours, viz. *White, Yellow, Orange, Red;* each of theſe correſponding with the quantity of Acid which they retain. I have here cited a part of the Experiment relative to this Subject, becauſe not only the Circumſtances of the Changes of Colour, but thoſe alſo of the Extrication of the Acid, are detailed in it. And I hope that it will be ſatisfactory to its ingenious Author, to find that his Obſervations are conformable to regular Laws of Optics, as well as to thoſe of Chymiſtry. "Le bec de la retorte "exhaloit une forte odeur d'acide nitreux, et on "voyoit à ſon orifice une couche mince d'une ma- "tiere *blanche* qui ſe prolongeant d'environ deux "pouces, ſe perdoit dans une autre couche *jaune*; "celle-ci devenoit *plus foncée*, et finiſſoit en s'épaiſ- "ſiſſant, par être d'un beau *rouge de rubis*.

"Je détachai le plus que je pus de la portion "blanche; elle étoit ſoluble dans l'eau à laquelle "elle communiqua toutes les propriétés de la diſſo- "lution mercurielle ordinaire; j'en mis un peu ſur "le feu, *l'acide* nitreux *s'exhala*, et cette matiere "blanche devint *rouge*. C'étoit enfin du vrai *nitre* "*mercuriel* qui avoit non ſeulement la portion d'acide

" propre au précipité, mais encore une portion de " celui que nous ſavons s'être exhalé pendant l'opération. La couche *jaune-orangée* etoit auſſi du " nitre mercuriel qui avoit *moins d'acide* que la précedente; celle qui étoit *couleur de ſafran* en contenoit *encore moins*; enfin celle qui étoit *couleur de rubis*, en avoit le *moins poſſible*. C'étoit un précipité ſemblable en tous points à celui qui eſt " connu dans les pharmacies, ſous la dénomination " de précipité rouge: on ſcait que dans la préparation de ce dernier, le nitre mercuriel, *en perdant* " *peu-à-peu ſon acide*, paſſe par toutes les nuances " qui ſont entre le *jaune-foible* et le *rouge-eclatant*. " Voilà exactement ce qui eſt arrivé dans mon opération." (58)

Colours of Mercury diſſolved in the Marine Acid.

By the Union of Mercury with a large quantity of the Marine Acid, Corroſive Sublimate is formed. The Colour of this White Salt is not capable of being changed to Yellow or Red, by a mere exposure to Fire; for it is intirely ſublimed by heat, in its original Form and Colour, on account of the Volatility which Mercury, as well as other metallic ſubſtances, acquires from Marine Acid.

---

(58) Exp. par M. Bayen, Avril, 1774, p. 292.

Nor is it ſubject to a loſs of its ſolvent, ſo as to aſſume a Yellow Colour, by the addition of Water, as it is intirely ſoluble therein. Its incapacity of being thus decompoſed ariſes from the great proportion of Acid united to the Mercury, and from the firmneſs of their Union. In order, therefore, to produce this Decompoſition, and the Colours which accompany it, it is neceſſary to uſe ſuch intermediate ſubſtances as are capable of abſorbing the Acid, by their Affinity with it.

Accordingly, thoſe ſubſtances, which have the greateſt affinity with the Acid of the Corroſive ſublimate, diſengage from its Solution a Red Precipitate: and thoſe, whoſe affinity with it is leſs, produce a Yellow one.

Thus Oil of Tartar ſeparates from this Solution a *Red* Precipitate (60), which, as Lemery rightly obſerves, is, of all the Mercurial Preparations, moſt properly ſo called. Lime-Water, which has a leſs

---

(60) Lemery's Courſe of Chym. chap. 8. Mercury. Mix four or five ounces of Sublimate Corroſive powdered, in a glaſs or marble mortar, with eight or nine ounces of warm water, ſtir them about for half an hour, then let the liquor ſettle, and pour it off by inclination, filter it and divide it into three parts to be put into ſo many Vails.

Affinity with the Acid, when added to the ſame ſolution, diſengages from it a *Yellow* Precipitate. (61)

But the Colours of theſe Precipitates are liable to ſome Variation, according to the greater or leſs quantity of Acid in the Solution: for when the Acid abounds in the ſaline liquor, the Alcaline Precipitate inclines to *Yellow*; and when there is a deficiency of Acid, the calcareous Precipitate inclines to *Red*.

The ſame difference of Colour takes place, when a fixed Alcaline Liquor, inſtead of being mixed with a Solution of Corroſive Sublimate, is added to that Salt undiſſolved: for in that caſe the Alcali is not capable of being applied to the Maſs ſo perfectly, on which account leſs of the Menſtruum is diſengaged, and

---

Pour into one of theſe Vials ſome drops of the Oil of Tartar made per Deliquium, there falls immediately a Red Precipitate.——It is the *trueſt Red Precipitate* of any.

(61) Ib. Pour into the laſt of theſe Vials five or ſix ounces of Lime-Water, you have a *Yellow* water, that is called Phagedenic water.——If you let the Liquor ſettle, it will let fall a *Yellow* Precipitate.

and thus the White Colour is not changed to *Red*, but to *Yellow*. (62)

The Precipitate obtained from this Salt by a fixed Alcali, when carefully waſhed, and expoſed to a ſufficient heat, affords a conſiderable portion of *bright Red Calx*, not inferior in luſtre to the others of that Colour, which are produced from Mercury by Fire. (63)

Volatile Alcali, dropped ino a Solution of Corroſive Sublimate, does not extricate from the Saline mixture a ſufficient quantity of Acid, to change its Colour: But abſorbing leſs of the Menſtruum, leaves

(62) Lemery's Courſe of Chym. chap. 8. Mercury. The liquor of Salt of Tartar turns Sublimate *Red*, when it is diſſolved in common water alone: and it makes it *Yellow*, when the Sublimate is not diſſolved.

(63) Exp. par M. Bayen, Fevrier, 1775, p. 151. Expériences faites ſur le Précipité de la diſſolution du Mercure ſublimé corroſif par l'Alkali fixe.

Le Précipité obtenu de huit onces de Sublimé Corroſif, peſoit, étant bien édulcoré et ſéché, cinq onces, ſix gros, vingt-deux grains; mis dans une retorte de verre et expoſé à une chaleur convenable, il s'en eſt élevé deux onces, cinq gros, trente-trois grains de Mercure doux; il eſt reſté dans la retorte, deux onces, ſept gros, quarante-un grains de chaux mercurielle d'un *Rouge éclatant*.

the Mercury united to nearly ſuch a proportion of it as forms Mercurius Dulcis, which, on account of its inſolubility, is ſeparated in form of a *White* Precipitate.

It is proper here to obſerve in general, that ſuch white Sediments are mere Cryſtals, which, from their Smallneſs, and from the interpoſition of a Medium of a different Denſity, loſe their Tranſparency. (64)

Lemery remarks that Mercurius Dulcis becomes *Yellow*, when triturated. This Colour is occaſioned by a Loſs of a portion of the Solvent, in that Operation. And, as it appears from the Works of this Chymiſt, that he ſometimes uſed Marble Mortars in theſe proceſſes; the Abſorption of the Acid may be chiefly attributed to the Calcareous Earth of thoſe Veſſels.

Colours of Mercury diſſolved in the Vitriolic Acid.

Mercury diſſolved in the Vitriolic Acid exhibits, in proportion as its Solvent is taken from it, the ſame Colours which, under ſimilar Circumſtances, are afforded by that Metal diſſolved in the other Acids.

---

(64) See p. 29, above. Note.

By its Solution in Oil of Vitriol a White Salt, called Vitriol of Mercury, is formed.

(1.) When Water is poured upon the Vitriol of Mercury, the Acid is diſengaged, and the Mercury is precipitated in form of a *Yellow* powder, which is Turbith Mineral. (65)

The Colour of this preparation is deeper, and more inclining to Orange when hot Water is uſed, or when a greater quantity of it is employed: for, by either of theſe means, more of the Solvent is diſcharged: and upon examining the Water, it is found to contain the Acid which was united to the Mercury.

It appears, however, from the compariſon of this Proceſs, with the foregoing ones, that Water is not capable of intirely depriving the Vitriol of Mercury of its Solvent. And although Turbith Mineral ſhews no marks of an Acid, when ſufficiently waſhed; yet its Abſence cannot from thence be argued, becauſe ſuch an intimate union, between Acids and metallic Subſtances, is often formed, that we cannot in ſuch a Compound always expect to find evident marks of the ſeparate Ingredients.

---

(65) Macquer. Dict. Chym. Art. Turbith Mineral. We ought to obſerve, that Turbith Mineral becomes *Yellow* only by being *deprived of the adhering Vitriolic Acid*, and that it remains white till it has been waſhed with a large quantity of water; in general the more perfectly it is *deprived of Acid*, *the deeper Yellow Colour* it acquires.

M. Bayen, indeed, has clearly eſtabliſhed the exiſtence of the Vitriolic Acid in this Preparation by ſeveral Experiments. From Turbith Mineral, which had been carefully waſhed with diſtilled Water, he obtained, by Diſtillation, a Volatile Sulphureous Acid (66). And a Mixture of the ſame ſubſtance with Sea-Salt diſſolved in diſtilled water, yielded Glauber Salt.

As the Acid cannot be intirely extricated from Turbith Mineral, by means of Water alone, it is neceſſary to employ an Alcali, in order to abſorb that portion of it which remains intimately combined with the Mercury.

---

(66) Exp. par M. Bayen. Dec. 1775 p. 495. Paſſant auſſi ſous ſilence un grand nombre d'expériences tentées ſur du Turbith ſublimé juſqu' à quatre fois, je me contenterai de dire, 1°. Que ce ſel perd à chaque Sublimation une portion d'acide vitriolique, qui paſſe conſtamment ſous la forme d'acide ſulphureux.

(2.) When a Solution of Fixed Alcali is poured upon Turbith Mineral, its *Yellow* Colour is changed to a dark *Orange*. By digeſting it in a Solution of vegetable or foſſil Alcali in a ſand-heat, the Acid is more completely diſengaged from the Mercury, which, on that account, aſſumes a *Red* Colour: and the Acid is transferred to the Alcali, forming vitriolated Tartar, or Glauber Salt, according as a Vegetable or Mineral Baſis is applied in the Proceſs. (67)

(3.) Vermilion, or Artificial Cinnabar, conſiſts of a mixture of Mercury and Sulphur; from which all the Sulphur, except an eighth part, is burned off before the Maſs acquires its bright *Red* Colour; for which purpoſe repeated ſublimations are neceſſary.

If it be conſidered that of this eighth part of Sulphur, a very conſiderable part is Phlogiſton; it will appear that the Quantity of the Vitriolic Acid, which remains united to the Mercury in Cinnabar, is nearly equal to that of the Nitrous Acid retained by the *Red Precipitate*. (68)

---

(67) Exp. par M. Bayen. Dec. 1775. p. 499. Si on verſe, ſur du Turbith bien lavé, une quantité d'eau diſtillée, rendue alkaline par le ſel de Soude ou de Tartre, et qu'on tienne le tout en digeſtion ſur le ſable chaud, avec la précaution d'agiter de tems en tems la matière, on ne tardera pas à voir la couleur *citrine* du Turbith, ſe changer en *rouge*, et en quelques heures, on obtiendra un vrai Précipité de Mercure.—Si on ſoumet a l'evaporation l'eau de digeſtion, on en retirera ou du tartre vitriolé, ou du ſel de Glauber, ſuivant la nature du precipitant employé.

Cinnabar of Antimony does not differ from this in its compoſition; but is thus called, becauſe its Sulphur is transferred to it from Antimony. Native Cinnabar conſiſts of the ſame ingredients, united in nearly the ſame proportion, as thoſe which form the artificial; nor does that which is made in the humid way materially differ from any of the foregoing compoſitions.

Colours of Mercury diſſolved in the Vegetable Acid.

The Acetous Mercurial Salt (69), and that which is formed by the Union of Mercury with the Acid of Tartar (70), are ſubject to a change of Colour from *White* to *Yellow*, by waſhing them with Water; by which means they are deprived of part of the Acid, in the ſame manner as the Nitrous and Vitriolic Salts.

---

(68) Lemery's Courſe of Chym. c. 8. Red Precipitate. It retains a portion of Acid equal in weight to a ninth part of the Mercury.

(69) Traité de la Diſſol. des Metaux, par M. Monnet. p. 322. Ce ſel éprouve une ſorte de décompoſition par l'eau, à peu-près comme les ſels qui réſultent de la diſſolution du mercure par l'acide nitreux et l'acide vitriolique. En triturant le ſel, dont eſt ici queſtion, dans un mortier de marbre avec de l'eau chaud, *j'en ai enlevé peu-à-peu l'acide*, et l'ai converti en une poudre *jaune*.

(70) Ib. p. 325.

It appears, from theſe Experiments and Obſervations, that in proportion as the Acid Solvent is diſengaged from Mercury, the ſame Colours are conſtantly produced, and that their production is conformable to the ſame Law which, as has been already ſhewn, prevails in other ſubſtances. And it is indifferent, as to the change of Colours, which of the Acids are united to Mercury, or by what method thoſe Acids are extricated from it. (71)

Colours of Mercury calcined per ſe.

As all the abovementioned Mercurial Preparations become *Red*, whenever they are deprived of the principal

---

(71) Exp. par M. Bayen, Fevrier, 1775, p. 156. Les chaux mercurielles que j'ai traitées, ſont au nombre de quatre; les deux premières ont été faites par l'intermède de l'acide nitreux, et de l'acide marin, et toutes deux ſéparées de ces acides par l'alkali fixe: l'acide nitreux ſeul a été employé dans la préparation de la troiſième; en fin la quatrième a été faite par la ſimple calcination.

Les procédés ont varié; mais les reſultats ont été les mêmes, et ces chaux, lorſq'elles ont été purgées de toute matière étrangère à leur état, ne diffèrent point eſſentiellement, l'une de l'autre,——*elles ont toutes la même intenſité de Couleur rouge.*

principal part of their Menſtruum; ſo Mercury calcined by Heat, without the Addition of any Acid, acquires the ſame Colour: and it is equal in brightneſs to that which is aſſumed by the Calces of that Metal, from which the Solvents have been expelled by Fire.

The Colour, however, of this Preparation is ſubject to Alteration from the Action of its Solvents: amongſt which, according to the Experiments of M. Margraf, the Phoſphoric Acid changes the *Red* to *Yellow* and *White*. (72)

I have not entered into the Conſideration of the Air, which Unites with Mercurial Calces, during their expoſure to the Fire; becauſe it does not relate to the greater or leſs Diviſion of their particles, which is the immediate Subject of my Inquiry. For the Colours, ariſing in this method of calcination, do not differ from thoſe which are produced by the Precipitation of the Metal from its Solvents; excepting in their ſuperior Brightneſs, of which the Cauſe has been already explained.

---

(72) Opuſc. Chym. de M. Margraf, Diſſ. 1. p. 25. Joignons encore ici les rapports de l'acide du phoſphore avec quelques métaux et minéraux.——

Cet acide parôit auſſi agir en quelque maniere ſur la *chaux du mercure faite par lui même*, puiſque ſa couleur ſe change en *jaune*, et qu'il *blanchit*.

Amongſt the ſeveral coloured Preparations, which Mercury affords, few are capable of being employed in Painting; on account of their readineſs to undergo a Decompoſition, and of their Effects upon the other materials uſed in this Art.

Cinnabar is juſtly preferred to the others, as a Pigment: for the Sulphur, with which its particles are covered, ſerves as a Varniſh to defend it from the Action of the ſeveral Subſtances mixed with it in Painting.

As Cinnabar is inſoluble by any Menſtruum, I endeavoured to examine whether it would alſo reſiſt the Action of Iron when properly mixed with it: Sulphur, uncombined with Mercury, being ſubject to Decompoſition by that means.

(1.) To this End, I ground four ounces of Vermilion with half an ounce of Iron Filings, that the quantity of Sulphur in the maſs might be nearly equal to that of the Iron: and having moiſtened them

with

with boiling water, I digeſted the whole in a gentle Heat, till it became dry by the Evaporation of the Water. No Decompoſition, or change, was produced by this Operation.

(2.) I mixed with ſeven parts of Vermilion, one part of Pruſſian Blue, and treated them as in the preceding proceſs. The latter ſubſtance was employed on account of the Inflammable Matter, and of the Earth of Alum, which are united with Iron, in its Compoſition. For each of theſe ingredients have alſo a ſtrong Affinity with the Vitriolic Acid (73). The Mixture, however, remained unaltered in this, as in the foregoing Experiment.

It appears from theſe circumſtances, that although Sulphur has a much greater Affinity with Iron, than with Mercury; and the Vitriolic Acid, in particular, has alſo a greater Affinity with Phlogiſton, and Aluminous Earth, than with the metallic part of the Cinnabar; yet the effects ariſing hence do not take place, except the maſs be expoſed to a conſiderable Heat.

Vermilion, therefore, may be conſidered as incapable of being impaired by the other Colours uſed in Painting, and of injuring them: and is the only known Preparation of Mercury, poſſeſſed of theſe qualities.

---

(73) See the Note, p. lxix of the Preface.

Colours of Manganeſe.

Amongſt the Mineral Subſtances, none affords a greater variety of bright Colours than Manganeſe, eſpecially when it is fuſed with Nitre, or with a Fixed Alcali.

This ſeems to have been firſt obſerved by Glauber, and afterwards by Pott, Cronſtedt, and other Mineralogiſts: but none of theſe writers have attempted to ſhew by what particular circumſtances the ſeveral colours were produced, or to explain them by any Rule of Optics.

I was, therefore, deſirous of examining whether the Changes of Colour, to which this Mineral is ſubject, do not ariſe from the ſame Cauſe, and obey the ſame Law, which appear to have prevailed in the other ſubſtances that I had already conſidered.

With this view I made the following Experiments: beginning with ſuch Liquors, as have the *leaſt* Power of *diſſolving* the Manganeſe prepared in the manner mentioned above, and proceeding with ſuch as are *ſtronger* Solvents of it.

(1.) Having put into a Glaſs a few grains of the Prepared Manganeſe, reduced to Power, I poured upon it *highly-rectified* Spirit of Wine. No Solution was produced by this means, and the Spirit remained tranſparent and *colourleſs.*

Oil of Turpentine was ſubſtituted in the place of Spirit of Wine, and the event was the ſame as in the foregoing Experiment.

(2.) To the ſame quantity of Prepared Manganeſe, common rectified Spirit of Wine was added, which immediately became *Yellow.* The Solution and Colour, thus effected, evidently ariſe from the ſuperabundant portion of Water, contained in this Spirit.

(3.) I poured *cold* Water, which had been carefully diſtilled, upon the ſame Mineral Preparation. The Water inſtantly acquired a vivid *Green.*

(4.) To the ſame Ingredient I applied diſtilled Water *moderately warmed:* by this management it aſſumed a *blue* Colour.

(5.) When *hotter Water* was uſed, it exhibited a *purple hue*.

(6.) Laſtly, when boiling Water was employed, it acquired a bright *Red*.

Thus, by means of the different degrees of power in the ſeveral Solvents, theſe Colours were produced in their regular priſmatic Order, viz. *Yellow*, *Green*, *Blue*, *Purple*, *Red*.

I ſhall add ſome further Remarks on theſe Experiments. In each of them the Colours, which I have mentioned, appeared inſtantly, upon pouring the Liquor into the Glaſs which contained the colouring matter: and it is to the firſt and immediate production of Colour in theſe mixtures that this deſcription is confined: for after a ſhort interval, Changes ſucceeded in ſome of them, which will be preſently explained.

In Exp. 1. I uſed highly-rectified Spirit of Wine, becauſe Fixed Alcaline Subſtances are inſoluble in that Liquor, unleſs a conſiderable Heat, or ſome intermediate ingredient, is applied. Oil of Turpentine alſo was employed, on account of the Difficulty of combining it with Fixed Alcali, under the preſent circumſtances: which is well known from the endeavours of Chymiſts to unite thoſe materials in the preparation of the Soap of Starkey. When Water was gradually dropped into the highly Rectified Spirit, it became at firſt *Yellow*, and afterwards dilute *Green*.

In Exp. 3, *cold Water*, which is a ſtronger Solvent of Fixed Alcali, than even the moſt phlegmatic Vinous Spirit, yields a vivid *Green:* but the colouring Matter is weakly held in Solution, for a great part of it ſoon falls to the bottom: and the portion, which then remains diſſolved in the Water, aſſumes a *bluer* or more *purple* hue on account of its greater *Attenuation:* for in this caſe fewer particles are diſperſed throughout the ſame quantity of Water. The Colours, which thus ſucceed the Green, are rendered ſomewhat obſcure and turbid, by the brown concretions which ſeparate from theſe Solutions, at the time that they become decompoſed.

As I found that the Solution in *cold Water* became Purple, when the colouring particles were more rarely diffuſed through it: I made the following Experiment, in order to determine whether a Green Solution might not be effected with *boiling Water*, by ſaturating it ſo fully, that the colouring matter diſſolved in it ſhould be in a very *denſe* ſtate. With this intent, I almoſt filled a ſmall Glaſs with the Prepared Mangameſe, reduced to powder, and poured upon it *boiling Water:* this inſtantly produced a bright *Green* Solution, which retained that Colour till all the Water had evaporated.

In Exp. 4, the *Blue* ariſing from the affuſion of warm Water, is much more dilute, and leſs vivid than the other Colours. Several ſimilar inſtances have already occurred, in the courſe of this Inquiry, in which the Blue, intervening between the other Colours in the midſt of the Order, was faint and imperfect; and ſometimes in its room a colourleſs Gap or Interval was found interpoſed, although the Yellow and Green, as well as the Purple and Red, which formed the Extremes of the ſame Order, were perfectly diſtinct and bright. (74)

It is ſcarcely neceſſary to obſerve that *warm* Water was uſed, on account of the ſuperior ſolvent Power which is always communicated to that Fluid by Heat, in proportion as it is increaſed.

The Purple tinge, which Glaſs receives from a ſmall quantity of Manganeſe, is ſimilar to that which is given to the hot Water in Exp. 5.

(74) See p. 17, above.

In the ſixth Exp. the *Red,* produced by boiling Water, is much more permanent than any of the other Colours yielded by the cooler Liquors: from which circumſtance, as well as from the Colour, it appears that a more perfect Solution had taken place.

The change from Green or Blue, to Red, which is cauſed by Heat in theſe Experiments, is ſimilar to that which is produced in the Shells of Cray-fiſh and Lobſters, by the ſame means.

I have thus endeavoured to explain theſe Colours, which from the account given of them by Glauber, (75) and the ſubſequent writers, appeared extremely confuſed and irregular.

I alſo expoſed the Prepared Mangneſe to the action of Acids, Solutions of Neutral Salts, and various other Liquors: but it is ſufficient to obſerve, in general, that the Colours ſeem to be produced by them, according to their ſeveral ſolvent Powers. From theſe Experiments, I found that this ſubſtance affords a ready and uſeful method of examining ſeveral matters uſed in Chymiſtry, Medicine, and other Arts.

---

(75) Glauber. Profp. Germ. tranſlated by Packe, London, 1689, p. 353. " I ſaw that by mixing Magneſia with fixed nitre, it was by boiling them in a ſtrong crucible, opened by the nitre, from whence proceeded a delicate purple colour. I poured out the maſs and powdered it, and extracted it with hot Water, and paſſed the Liquor through a Filter, and then I had a purple fiery Liquor, which did almoſt every hour (ſtanding but only in the cold) change colour, ſo that it became one while green, then ſky colour, another while of a blood colour of its own accord, then again preſently it received other moſt elegant colours."

Thus the degree of Cauſticity of Volatile Alcalies may be determined by this Mineral Preparation, when it is incapable of being diſtinguiſhed by ſubjecting them to an Effervefcence with Acids: for theſe ſhew the Preſence of Air, but not the Quantity of it. Both theſe circumſtances are diſcovered by the Prepared Manganeſe, which imparts to Spirit of Sal Ammoniac a bright *Red*; to a mixture of equal parts of Mild and Cauſtic Alcali, it communicates a *Yellow*, although this Liquor effervefces with Acids; pure Cauſtic Alcali receives from it a vivid *Green*.

Theſe Colours vary conſiderably, in their Hue, from thoſe which have been already deſcribed: and from this difference, as well as from the Gradation of the colours, they appear to belong to a ſeparate Order.

Numerous ſimilar inſtances of the Uſe of this Mineral might be offered, but the mention of them would increaſe this Article to a great extent.

Sympathetic Ink of Cobalt.

The Phænomena of the Sympathetic Ink of Cobalt have been deſcribed by M. Hellot, in the Memoires of the Academy of Sciences of Paris, for the year 1737; and in a ſubſequent Paper by M. Cadet (76). This Liquor is formed by a Solution of Cobalt in the Nitrous Acid, with the addition of the Marine Acid.

The Nitrous Solution of this Semimetal is *Red.* M. Hellot attributes the Green Colour exhibited by the Ink, to the admixture of the Marine Acid: the following eaſy experiment confirms the truth of his opinion. I added a few drops of the Nitrous Solution of Cobalt to one ounce of Spirit of Salt, which immediately afforded a bright, and permanent, *Green:* but a ſmall quantity of the Marine Acid, dropped into one ounce of the Nitrous Solution, made no alteration in its colour.

The Sympathetic Ink, rightly prepared, is of a light *Red:* when Characters are written on Paper with

---

(76.) Mem. de l'Acad. des Scien. Paris. Corref. Etr. V. 3.

with it, they remain inviſible till expoſed to a moderate Heat, by which they acquire a *blue* Colour; inclining to *Green:* the Colour is *greener*, when much of the Marine Acid is employed. On removing the Paper into a cooler Air, the Writing diſappears. The Colour, and Diſappearance, are capable of being frequently renewed, by an alternate application of heat, and removal from it (77).

The effects thus produced have been frequently attributed to the mere action of Heat, and Cold: and I have heard it objected that the *red* Colour of this Sympathetic Ink becomes *blue* by *Heat*; whereas, according to what I have offered in the courſe of this

---

(77.) Mem. de l'Acad. des Scien. Paris, 1737. par M. Hellot, p. 111. Pour voir l'effet de la teinture dont je viens de donner le procédé, il faut écrire avec cette liqueur, couleur de *lilas*, ſur de bon papier bien collé, et qui ne boive pas. On laiſſera ſécher cette écriture à l'air ſec, et non devant le feu, parcequ'en ce cas la liqueur colorée pourroit s'étendre audelâ du trait. Lorſque le papier eſt bien ſec, on n'appercoit aucune couleur tant qu'il eſt froid; mais ſi on le chauffe lentement devant le feu, on verra l'ecriture prendre peu-à-peu une couleur *bleuë* ou *bleu-verdatre*, qui eſt viſible tant que le papier conſerve un peu de chaleur, et qui diſparoît entiérement quand il eſt refroidi.

Macquer. Dict. Chy. Art. Sympath. Ink. Characters written with this ſolution are inviſible when cold, and become of a fine *greeniſh blue* when heated; and have this ſingular property, that after they have been rendered viſible by Heat, they again diſappear when expoſed to Cold, and may be thus made to appear and diſappear alternately by alternate applications of Heat and Cold.

this Inquiry, the Attenuation occaſioned by Heat ſhould have effected a contrary change of thoſe colours.

From theſe conſiderations, as well as from the Obſervations of M. Hellot, I judged that Heat, and Cold, are not neceſſary Agents in the Production or Suppreſſion of the Colour. With a view to a further examination of this matter, I made the following experiments.

(1.) The Colour of the Characters written with the Sympathetic Ink being produced, by warming the Paper on which they were drawn, I immediately expoſed thoſe coloured Characters to the Steam of boiling Water: taking care at the ſame time not to remove the Paper, which contained them, further from the Fire, than to the ſame diſtance at which it was held, when the Colour was brought forth. The Characters, thus expoſed to the Steam, preſently diſappeared: yet the Paper was not ſenſibly moiſtened.

(2.) I marked another Paper with the ſame Sympathetic Ink, and produced the Colour by warming it, as in the foregoing Experiment: in this ſtate I put it into a flint-glaſs Phial, which had previouſly been kept open for a conſiderable time, in a Sand-heat moderately warmed, that the moiſt Air might be expelled from out of it: I then ſtopped the Phial with a ground Stopple, which I ſurrounded with melted wax. The Paper, thus incloſed, was placed in various degrees of Cold: the Colour has, nevertheleſs, remained, ſome months, unaltered. I have ſince found that this ſecond Expriment is, in ſome reſpects, ſimilar to one made by M. Hellot.

The firſt of theſe Experiments, ſhews that the Colour of this Compoſition is capable of being deſtroyed, by a ſmall and inſenſible quantity of Moiſture, notwithſtanding, at the ſame time, the Paper be expoſed to a greater Heat than that which cauſed its appearance. From the ſecond Experiment, it is evident that mere Cold does not diſcharge or change the Colour.

From hence, and from the Obſervations of M. Hellot and M. Cadet, it appears that the Alterations are effected by the *Moiſture* of the Air, attracted by the Saline Matter when *cold*; and expelled from it when *heated*. And this is confirmed by the conſideration of the ready Deliqueſcence of the Salt, obtained from the Solution of Cobalt, of which the Ink is formed. M. Cadet attributes the Diſappearance of the Colour to a Fixed Alcali, communicated to the Compoſition by Sea Salt; or other Salts containing that Baſis. But this opinion is erroneous, becauſe Characters written with the pure Solution of Cobalt in the Nitrous Acid diluted, give a *red* Colour when heated, but become inviſible when removed into a cooler Air.

Coloured Salts, diſſolved in much Water, and ſpread, ſo as to form a thin layer of the Liquor, become pellucid and colourleſs. The cauſe of the loſs of Opacity and Colour by theſe means, is explained by Sir Iſaac Newton (78). Theſe Salts are again rendered viſible, as ſoon as the water, which held them in Solution, is diſengaged. I have already inſtanced Changes of Colour ariſing from an Evaporation of Water, whereby the Particles of the coloured Body accede, and are united into larger Maſſes. I ſhall hereafter relate another Experiment, in which one Subſtance affords ſeveral Colours, in their regular Order, by the gradual loſs of its Moiſture (79).

The preceding Experiments were made with Paper, marked with the Sympathetic Ink, in compliance with the common method of uſing that Liquor. But the operation may be much more diſtinctly obſerved, if a larger quantity of the Ink be evaporated,

---

(78) See p. 29, above.——(79) See p. 91.

rated, in a veſſel not capable of imbibing it. When it is expoſed to a moderate Heat, in a white China Cup, and when the greater part of the Water is evaporated, the Saline Matter becomes *Green*. This colour ariſes from a ſuperfluous quantity of the Marine Acid, which ſoon flies off, and leaves the remaining part *Blue*, ſlightly inclining to Green. At the ſame time that it acquires this Colour, it forms a hard, dry Maſs, which, in a few minutes after its removal from the Fire, grows moiſt, and aſſumes a light *red* Colour. Theſe Alterations may be often renewed, by alternately heating and cooling the coloured matter: which does not again become green, after the ſuperfluous Marine Acid is once evaporated. But a drop of Spirit of Salt added to the *red* or *blue* Maſs, immediately renders it *green*.

The Change from *Red* to *Blue*, effected by *Heat*, in this Experiment, and the contrary Change which takes place on removing the matter from the Fire, are ſimilar to thoſe which the Characters written on Paper undergo: excepting only that the *red* Maſs, which is the Reſiduum of this greater quantity of the Liquor, affords ſo large a portion of the Saline Matter, that it cannot be rendered inviſible by the Moiſture, which it attracts from the Air. This circumſtance

alſo

alſo is common to the Characters written on Paper, when, by neglecting ſufficiently to dilute the Solution, too great a quantity of the colouring Salt is ſpread upon the Paper.

When Preparations of Cobalt are acted upon merely by *Heat*, the Order of the Changes of Colour effected in them, is ſuch as, in other inſtances, conſtantly ariſes from that means of Attenuation. Thus when the *yellow* Solution of this Mineral, in the Marine Acid, is heated, it aſſumes a *green* Colour, paſſing from a leſs to a more refrangible colour. When this Solution is cooled, the *Yellow* is reſtored.

Colours changed by Dilution.

I have already examined ſeveral of the methods, by which the minute parts of bodies are ſeparated; ſuch as Heat, Solution, Putrefaction, &c. and have ſhewn that the Subſtances, affected by each of theſe means of Attenuation, conſtantly undergo regular Changes from the leſs to the more refrangible Colours of one Order, and from thence to thoſe of the Order of Colours next above.

I ſhall add to theſe, ſome inſtances of ſimilar Changes produced in coloured Liquors, by *Dilution:* which is another means of attenuating them. I have not met with any Accounts of Alterations of Colour, thus effected, except ſuch as relate to Orange Colours, which, by Dilution, are readily changed to Yellow. Some of theſe, from their intenſeneſs, incline to an obſcure Red. In theſe Experiments I have purpoſely avoided the Uſe of thoſe liquors, and have employed ſuch only as are capable of undergoing changes, from one diſtinct Colour, to others which are equally vivid and diſtinct.

(1.) I made a Tincture, by digeſting Turmeric, reduced to powder, in Rectified Spirit of Wine, till it had acquired a bright *Yellow* Colour. To one ounce of this, I added a few drops of a weak Solution of Potaſh, which changed the *Yellow* into a vivid Roſe-Colour.

Into this *red* Tincture I poured about an ounce of diſtilled Water; by which means it became Orange-coloured: to this I added another ounce of Water, which perfectly reſtored the original *Yellow* Colour of the Tincture.

Inſtead of Water, I poured Rectified Spirit of Wine into the *red* Tincture. The changes which it produced therein, were the ſame as were produced in the foregoing mixture. Laſtly, I ſubſtituted, in the room of the Water and of the Spirit, nearly a like quantity of the ſame Solution of Potaſh, by which I had given the red Colour in theſe mixtures. The red Tincture, diluted by this Alcaline Solution, underwent the ſame Changes as in the two former Caſes.

(2.) Strong Spirit of Nitre, drawn from rough Nitre much impregnated with inflammable matter, is of a full *Yellow* Colour: by the addition of diſtilled Water, it aſſumes a vivid *Green*. I learned this curious fact from Dr. Higgins, during my attendance on his inſtructive Chymical Lectures.

(3.) Another ſimilar inſtance of a Change from a leſs, to a more refrangible Colour, is afforded by the Nitrous Spirit, which is procured by Diſtillation from equal parts of Arſenic and Nitre: for its Colour is a bright *Green*, but it is inſtantly changed to a Sky Blue by the admixture of Water.

The colouring matter of both theſe Acid liquors ſeems to be Phlogiſton, from many circumſtances, and particularly from its flying off, and leaving the liquor colourleſs, when expoſed to the air in an open veſſel: and becauſe the Acid, drawn from pure Nitre, does not become green by the addition of Water: but the nitrous acid, however phlogiſticated in diſtillation or ſolution, is conſtantly thus affected.

(4.) To theſe Experiments, made by Dilution, I ſhall add another, which is effected by the gradual Evaporation of the Water intervening between the parts of a coloured Subſtance: by which operation they coaleſce, and are united into larger Maſſes, affording Colours in a regular Order, according to that Change of Texture.

I digeſted in Jamaica Rum, during ſeveral weeks, Gum Guaiacum reduced to powder. I added half a dram of this Tincture to an ounce of a thick liquid Mucilage, conſiſting of Gum Arabic diſſolved in Water. The Colour of this mixture was a *Sky Blue:* but when it had ceaſed to be fluid by the gradual Evaporation of the Water, it acquired a vivid *Green:*

when it was become ſo dry as to form a brittle Maſs, its Colour changed to *Yellow*.

I have thus examined the ſeveral means, by which the colouring parts of natural bodies are capable of being divided into ſmaller, or united into larger, Maſſes: and have ſhewn that each of theſe produces Changes of Colour, according to one uniform and general Rule.

It ſeems to me to be worthy of Obſervation, that as the Sky (which conſiſts of Air and Vapour, whoſe parts are more minutely divided, and more rarely diſſeminated, than thoſe of any other coloured Medium) is *Blue of the firſt Order*, which is the moſt refrangible Colour (80): ſo on the other hand, Gold, (which conſiſts of particles more denſely united, than thoſe of any other known Subſtance) whenever it is diveſted of its metallic Luſtre, is *Red*, which is the leaſt refrangible Colour. The Colours of the Orders, which intervene between theſe Extremes, are very numerous; but it appears from the foregoing Experiments, that all of them are regulated by the ſame Law.

---

(80) See Newton's Optics, L. 2. part 3. prop. 7.

If the Simplicity and Uniformity, which Nature obſerves in her operations, is illuſtrated by this Inquiry, my purpoſe is fully anſwered. From the knowledge of the Cauſe, on which the Changes of Colour depend in Permanently coloured bodies, not only alterations which happen in their texture may be explained; but the Experiments and Obſervations may probably lead to curious and uſeful diſcoveries in the Arts of Painting, Dying, and various Manufactures, and throw new Lights upon many branches of Chymiſtry and Natural Philoſophy.

FINIS.

A

LETTER

To the RIGHT HONOURABLE

THE EARL OF MORTON,

Preſident of the ROYAL SOCIETY.

CONTAINING

EXPERIMENTS and OBSERVATIONS

ON THE

Agreement between the Specific Gravities of the ſeveral Metals,
and their Colours when united to Glaſs, as well
as thoſe of their other Preparations.

With ADDITIONS.

BY EDWARD DELAVAL, F.R.S.

Read at the ROYAL SOCIETY, Jan. 24, 1765.

ADVERTISEMENT.

THE following Paper was publiſhed in the Philoſophical Tranſactions for the year 1765, and the Author had the honour of receiving, for this Communication, the Medal which is annually conferred by the Royal Society. It is here added to the foregoing Work, on account of the Connexion between their Subjects. Their Relation to each other is, indeed, greater than it may probably appear to be, upon a tranſitory view. For, in one of theſe Inquiries the Colours, ariſing from a Difference of the *Size* of the colouring Particles, are examined: The other treats of the Difference of *Denſity*, and of the Colours produced by that Cauſe. If it be conſidered, however, that by ſeparating the Particles of a coloured Subſtance, they are removed to a greater diſtance from each other, ſo as to occupy more ſpace; it will thence be evident that the ſubſtance, thus affected, muſt undergo a *Diminution* of its *Specific Gravity*, at the ſame time that the *Size* of its Particles is *leſſened:* and the Converſe of this is likewiſe true.

My Lord,

I TAKE the liberty of laying before your Lordſhip the following paper, containing a variety of facts and experiments, which I have endeavoured to apply to ſome Optical inquiries.

Beſides the experiments originally contrived and made by myſelf, I have repeated moſt of thoſe which I have quoted from others.

Sir Iſaac Newton, in his Optics, has ſhewn by a ſeries of experiments, that the ſeveral differences of colours, exhibited by thin tranſparent plates, are occaſioned by their ſeveral thickneſſes; and that therefore the tranſparent parts of bodies do, according to their different ſizes, reflect rays of one colour and tranſmit thoſe of another; and conſequently that the bigneſs of the component particles of natural bodies may be conjectured from their colours; ſince the particles of thoſe bodies moſt probably exhibit the ſame colours as a plate of equal thickneſs, provided they have the ſame denſity. He concludes this whole doctrine in theſe words; "I have hitherto explained the powers of bodies "to reflect and refract, and ſhewed that thin tranſ- "parent plates, fibres, and particles, do, accord- "ing to their ſeveral *thickneſſes* and *denſities*, reflect "ſeveral ſorts of rays, and thereby appear of ſeveral "*colours*; and by conſequence, that nothing more "is requiſite, for producing all the *colours* of natural "bodies, than the ſeveral *ſizes* and *denſities* of their "tranſparent particles."

Though he has accurately ſhewn what *colours* ariſe from the ſeveral changes of *thickneſs*, I do not find that any one has attempted to explain *in what manner* the differences of *denſity*, in the component particles of bodies, contribute to produce the ſeveral differences of *colours*: and therefore I thought, that if inſtances could be produced of bodies whoſe ſeveral differences of *colour* appear to be proportioned to their ſeveral degrees of *denſity*, it would tend to illuſtrate this part of Optics.

To this purpoſe, however, are conducive all thoſe experiments and obſervations, from which Sir Iſaac Newton has inferred that bodies have their *refractive and reflective powers* nearly proportional to their *denſities*; and that the *leaſt refrangible* rays require the *greateſt* power to reflect them: which is deducible from hence, 1. That the *red* rays are reflected at the *greateſt* obliquity of incidence, and the *violet* at the *leaſt*. 2. That the *violet* is reflected, in like circumſtances, at the *leaſt* thickneſs of any thin plate or bubble, the *red* at the *greateſt* thickneſs, and the intermediate colours at intermediate thickneſſes. 3. The ſame appears from the table (p. 206.) in which the thickneſſes of air, water, and glaſs, and the colours produced by them are ſet down.

Theſe experiments are applied by him to tranſparent bodies and the colours exhibited by them; but they are equally applicable to permanently coloured bodies: and it appears from them, that *denſer* ſubſtances ought, by their *greater reflective power*, in like circumſtances, to reflect the *leſs refrangible* rays, and that ſubſtances of *leſs denſity* ſhould reflect rays proportionably *more refrangible*, and thereby appear of ſeveral colours in the order of their denſity.

In confirmation of this reaſoning, I ſhall give inſtances of natural bodies, which differ from each other in *denſity*; though circumſtanced alike in other reſpects; and ſhall ſhew that they differ in *colour*, in the ſame order they do in *denſity*, the *denſeſt* being *red*, the next in *denſity*, *orange*, *yellow*, &c.

In ſuch an inquiry metallic bodies ſeem to deſerve our firſt and principal attention, as their *ſpecific gravities* have been aſcertained by well-known and repeated experiments. Without entering into a minute chemical theory of the principles of metals, it is ſufficient to obſerve that they are univerſally allowed to conſiſt of, 1. An inflammable matter, which is of the ſame kind in all the metals. 2. Of a fixed matter or calx, which appears in each of the metals to be ſpecifically different in *weight*, as well as in other properties.

As the inflammable matter, in the intire metals, acts ſtrongly on the rays of light, it is neceſſary to calcine, or to divide them into extremely minute particles, in order to examine ſeparately the action of the calx, or fixed matter, on the rays of light.

In order to examine all the metals in like circumſtances, by reducing them into the ſmalleſt particles, and depriving them of their Phlogiſton as far as was practicable, I expoſed each of them, united with a proper quantity of the pureſt Glaſs, *without any additional ingredient, to the greateſt degree of fire* they are capable of bearing, *without having all colour whatever deſtroyed.*

In this ſtate it appears, from a variety of experiments and facts, that they actually do, without any exception, exhibit Colours in the order of their Denſities, as follow,

Gold ——— Red.
Lead ——— Orange.
Silver ——— Yellow.
Copper —— Green.
Iron ——— Blue.

GOLD.

GOLD, which is the denſeſt of all the metals, imparts a red colour to *glaſs*, whenever it is divided into particles ſo minute, that it can be intimately mixed with the ingredients of which the glaſs is made; and it ſeems indifferent in what manner it is reduced to this ſtate. Thus:

1. From the powder obtained by rubbing *gold* with a pumice-ſtone, uſed by the goldſmiths in poliſhing it, mixed with nitre, borax, and potaſh, a beautiful *red* glaſs is produced [a].

2. When a ſmall quantity of a ſolution of *gold* in aqua regia is evaporated on a *glaſs* plate, with a gentle heat, that part of the *glaſs* on which it lay thinneſt,

---

[a] Sol ſine veſte, cap. 8.

Junker, Conſpectus Chem. tab. XXXIII. de Auro, p. 852. *Aurum* detritum pumice, ſeu pulvis auri pumice, quo aurifabri ſua opera poliunt et abradunt, commiſtus, Gold-Schliff, ſi cum ana nitri, boracis, et cinerum clavellatorum liquido fundatur, præbet *vitrum*, inſtar optimi opificum encauſtici, *rubro colore* pellucidum, ſubſidentibus paucis auri granulis; teſtante autore Solis ſine veſte.

Shaw on Boerhaave's Chem. vol. i. p. 79. *Gold* ground with pumice, and afterwards fuſed with equal parts of nitre, borax, and pot aſhes, affords a fine tranſparent *red glaſs*.

neſt, is tinged *red*, by the entrance of the particles of *gold* into its ſurface [b].

3. Artificial rubies are made by mixing with *glaſs*, *gold* diſſolved in aqua regia, and afterwards calcined in the furnace [c].

4. Kunkel prepared a powder for the ſame purpoſe, by precipitating the *gold* from the ſolution by an alkaline liquor [d].

5. *Gold* precipitated by tin from aqua regia, and melted with *glaſs* in a proper proportion, tinges it with a beautiful ruby colour: this method was diſcovered by Caſſius [e], and farther improved by Kunkel [f].

---

[b] Philoſ. Tranſ. N°. 286.

[c] Neri's art of *Glaſs*, chap. 129.

Calcine *Gold* with aqua regia many times, pouring the water upon it five or ſix times: then put this powder of Gold in earthen pans, to calcine in the furnace, till it becomes a *red* powder; which will not be in many days; then this powder, added in ſufficient quantity, and by little and little, to *fine cryſtal glaſs*, which has been often caſt into water, will make the tranſparent *red of a ruby*, as by experience is found.

[d] Lewis's Hiſtory of Gold, p. 176.

[e] Caſſius de Auro, p. 105.

[f] Junker, Conſp. Chem. tab. XXXIII. de Auro, p. 861.

6. The ſame colour is produced by fuſing *gold* with a large proportion of tin, and two thirds of lead, or by mixing it with regulus of antimony, or tin by calcination, and adding to *glaſs* the powders of *gold* obtained from theſe proceſſes [g].

7. *Gold* amalgamated with mercury, and digeſted with it for a conſiderable time, may be reduced to a ſubtile powder by expelling the mercury: this powder, melted into the *glaſs*, tinges it of a *beautiful red* [h].

8. *Gold leaf* melted into the ſurface of *glaſs*, by the electric force, imparts a *red colour* to it: this was firſt obſerved by Dr. Franklin, and has been often repeated [i].

---

[g] Shaw's Notes on Boerhaave's Chem. vol. i. p. 78.

[h] Shaw's Abridgment of Boyle, vol. i. p. 459.
An induſtrious perſon, having united *Gold* with a particular quickſilver, kept them in digeſtion for ſome months; when the fire having been immoderately increaſed, the ſealed glaſs burſt with a frightful noiſe: though the upper parts were blown off and ſhattered to pieces, yet the lower eſcaped tolerably whole; and I took notice, with delight, that it was tinged throughout of a *fine and glorious red*, hardly to be matched by that of *Rubies*.

[i] Franklin's Letters on Electricity, p. 65.

There are many other ways of communicating this *colour to glaſs* by *Gold*; and I find no method by which it can be made to produce any other colour. If it be mixed in large maſſes, without being minutely divided, it imparts no colour to the glaſs, but remains in its metallic form.

Grummet attributes this colour to the manga, neſe, uſed in making ſome ſorts of glaſs, the colour of which he ſuppoſes revivified by the nitre uſed in the preparation of the gold: it is neceſſary therefore to mention, that I have given a *red* by *gold* to ſeveral *glaſſes*, in the compoſition of which there was *no manganeſe*, and often by gold in the preparation of which there was *no nitre*.

Several preparations of *gold* will impart *a fine red* to the fritt or materials of which glaſs is made, in a ſmall degree of heat; though not minutely enough divided, or in too large quantity, to remain mixed with the glaſs, when expoſed to a degree of heat ſufficient to vitrify them perfectly.

LEAD.

LEAD, which is the metal whoſe *denſity* is next in order to that of Gold, affords a glaſs of the colour of the Hyacinth, a gem whoſe diſtinguiſhing character factter is, that it is *red* with an admixture of *yellow*, the ſame colour which by writers in optics is called *orange*.

1. Lead, kept in fuſion for a conſiderable time, in a ſtrong crucible and a very violent heat, is reduced to a glaſs of the colour of that gem [k].

2. Lead reduced to litharge, and melted with one third or fourth part of it's weight of ſand, in a covered crucible, in a ſtong fire for two or three hours, unites with the ſand into an *orange-coloured glaſs* like the former [l].

3. *Glaſs of Lead* is mentioned by ſeveral authors, as a compoſition proper, without the addition of any other ingredient, for imitating the *Hyacinth* [m].

SILVER.

---

[k] Flora Saturnizans, chap. II. Henckel de appropriatione, cap. ii. ſect. 4.

[l] Junker, Conſpect. Chem. tab. XIX. p. 434.
Recipe Lithargyrii partes tres, arenæ nitidæ partem unam; miſta imponantur forti tigillo; per 3 circiter horas tenuiſſime fundantur, quo facto maſſam fluentem in calidum mortarium effunde, et habebis *vitrum* pellucidum *Hyacinthini ferme coloris.*

[m] Shaw's Lectures, p. 299.
Lead melted into glaſs with ſand is the foundation of imitating all

SILVER.

YELLOW is the only colour which *ſilver*, the metal next to lead in *denſity*, can by any preparation be made to impart to *glaſs*.

1. Without inſiſting upon what ſome chymiſts affirm, that *ſilver*, on being calcined and expoſed to a violent fire for a long time, was partly reduced to a *yellow glaſs* [n];

2. I

---

the coloured gems: for this glaſs itſelf will reſemble the Hyacinth, &c.

Merret's notes to Neri, chap. 61.

Our author mentions not a *Hyacinth* from *glaſs of Lead.* Bap. Porta ſupplies you with it, l. vi. c. 7. in theſe words: To make a very *Hyacinth*, and not much differing from the true one, put *lead* into earthen pots that are very hard, in a glaſs furnace, and there let it ſtand ſome days, and thus your *lead* is turned into *glaſs*, and imitates the *colour of the Hyacinth.*

Nichols's Hiſtory of precious ſtones, part i. chap. 7. of the Hyacinth.

The Hyacinth is a ſtone (as ſaith Boetius and Rulandus) which is *red* with a certain *yellowneſs*, or *ruſeſcit in auro*; that is, it is *red* in *yellow*. Impoſtors adulterate it with a kind of *glaſs made of Lead.*

Boetii gemmarum et lapidum hiſtoria, l. ii. c. 31. Adulterium *Hyacinthi* vix meretur; in illius locum aliquando ſubſtituitur *ex plumbo vitrum*, quod a verâ gemmâ pondere et duritie facile diſtinguitur; mollius enim et gravius verâ gemmâ.

[n] Merret's Notes on Neri, chap. 82. Claveus ſaw *Silver* calcined two months in a glaſs furnace; the twelfth part of which became a *citron glaſs*.

2. I have often given *that colour*, by moiſtening the ſurface of the *glaſs* with a *ſolution of Silver*, and afterwards making it red hot.

3. If *Silver* be calcined with ſulphur, it readily communicates a *yellow colour* to glaſs *.

4. Having carefully purified an ounce of *Silver*, I kept it in fuſion ſome hours, with a ſmall quantity of *glaſs*, and found, that the glaſs, when cold, had formed a beautiful *yellow enamel* on the ſurface of the *ſilver*.

---

* Shaw's Abridg. of Boyle, vol. i. p. 458. To ſhew more particularly that glaſs is porous, we took *ſilver* calcined by burning *ſulphur* on it in the open air, and laid it upon a piece of *glaſs*, and placed it with the pigment uppermoſt, upon a few quick coals to neal a while; we gave it ſuch a heat as might make and keep it red hot, without fuſion; and then ſuffering it to cool by degrees, we found that the *glaſs* had acquired a *yellow and almoſt golden colour*.

Shaw's Abridg. of Boyle, vol. ii. p. 98. I learned from one of the chief artificers in painted glaſs, that thoſe of his trade colour it *yellow* with a preparation of a *calx of ſilver*.

Kunkel's Art of glaſs, part ii. art. 49. Experiment ſhews that it is from *Silver* the *fineſt yellow* is obtained. Shaw's Lectures, p. 316. A little *Silver* tinges white *glaſs yellow*.

Hook's Micrographia. obſ. 10. of Metalline colours. A third argument that the particles of metals are tranſparent is, that being calcined and melted with glaſs, they tinge the glaſs with tranſparent colours. Thus the *calx of ſilver* tinges the *glaſs* on which it is annealed with a *lovely yellow or gold colour*.

5. *Leaf ſilver* laid on red hot glaſs tinges it *yellow*.

When we meet with authors, who mention a blue or greeniſh colour communicated by ſilver, the cauſe muſt have been, that the ſilver uſed in ſuch proceſſes was mixed with *copper*, as it generally is, when it is not carefully purified [p]. I have always found, that *ſilver* purified by the *teſt* retained ſo much *copper*, that, when melted ſeveral times with nitre and borax, it imparted a *green tinge* at the firſt and ſecond melting, though afterwards *no ſuch colour* was obtainable from it.

COPPER.

GREEN is the only colour which *copper*, the metal next to ſilver in *denſity*, communicates to *glaſs*, when melted with it in a ſufficient heat, *without any additional ingredient*. Thus:

1. By grinding *cryſtal glaſs* in a *copper* mortar, and afterwards melting it, it becomes *green*.

2. *Copper* calcined *per ſe* in a furnace [q];

---

[p] Merret's Notes on Neri, c. 90. Junker, Conſpect. Chem. tab. XXXIV. p. 889. 901. Shaw's Abridg. of Boyle, vol. ii. p. 98.

[q] Shaw's Abridg. Boyle, vol. ii. p. 98. Though *copper calcined per ſe* affords but a dark and baſely-coloured calx, yet the glaſs-men tinge their glaſs *green* therewith.

3. *Copper* calcined with ſulphur [r]; and

4. Scales beaten off from red hot *copper* plates mixed with *glaſs*, equally impart a *green colour* to it.

It is indifferent in what manner the *copper* is prepared, in order to tinge the glaſs green, provided it be expoſed, *without any other ingredient*, to a ſufficient degree of heat [s]. I have frequently produced a *fine green* from *copper* filings unprepared.

If a quantity of *ſalts* be added in the preparation, they will, by attenuating the mixture, make the glaſs incline

---

Neri, chap. 92. This ſort of *pureſt glaſs* will be tinged into all colours you deſire: for example, into an *emerald* with *braſs* thrice calcined, as is done for ordinary glaſs: into a ſea *green* with *braſs* calcined to redneſs.

[r] Junker, Conſ. Chem. tab. xix. p. 433. Beryllus marinæ *viriditatis* per *cuprum* cum ſulphure calcinatum.

[s] Kunkel's Notes on Neri, chap. 32. Though with *copper* alone one may produce *green*, it is nevertheleſs crocus martis differently prepared that makes a variety in it. I have not found that the different manners of preparing copper have produced different colours. I have experienced that by calcining *copper per ſe*, without any addition, I could produce all the effects that the author teaches us to bring about by different preparations of that metal.

incline to blue, the colour next in order[t]; but this happens only when the fire is moderate; for in a greater degree of heat, the redundant ſalts, even thoſe of the moſt fixed nature, are expelled[u].

It is true, that copper is mentioned by ſome writers, as an ingredient in *red* glaſs and enamel: but the *red*, which is the colour of the metal not diſſolved or mixed with the glaſs, remains only while the compoſition is expoſed to ſuch a degree of heat as is too ſmall to melt and incorporate it; for, if it be ſuffered to remain in the furnace *a few minutes after the copper* is added, the maſs will turn out *green* inſtead of *red*[w]: in effect, the preparation of

---

[t] Flora Saturnizans, chap. xi. art. 6. When a green colour is to be given to glaſs, care muſt be taken *not* to uſe *too much ſalt* in the compoſition of the glaſs; otherwiſe the colour will be *blueiſh*, and bordering on the colour of the aigue marine.

Neri, chap. 32. An emerald colour in glaſs.

In making green you muſt obſerve that the metal have *not much ſalt*; with metal that hath much ſalt, as cryſtal and rochetta have, you cannot make a fair green, but only a ſea green; for the ſalt conſumes the green, and always inclines the colour to a blue; wherefore, when you would make *a fair green*, put *common metal.*

Shaw's Lectures, p. 29. Copper precipitated with common ſalt out of aqua fortis gives the torquois colour to white glaſs, when melted therewith.

[u] Kunkel's Remarks on Merret's Notes, p. 299.

[w] Neri, chap. 127. This chapter deſcribes the method of making red glaſs, in the compoſition of which copper is uſed; and Kunkel makes

of *copper* recommended on this occaſion, is exactly the ſame as that uſed in tinging *glaſs green.*

IRON.

IRON, being of all metals the moſt imperfect, is ſubject, by various means, to be calcined or reduced to a ruddy crocus, ſimilar to the ruſt that ariſes from it's being corroded by the acid in the air. In this ſtate, it requires a conſiderable degree of heat to diſſolve and incorporate it with glaſs: till that heat is applied, it retains it's ruddy colour; by increaſing the heat, it paſſes through the intermediate colours, till it arrives at it's *permanent* one, which is *blue:* this being effected in the ſame degree of heat in which we have examined the other metals, that is, *the greateſt that the glaſs will bear without loſing all colour whatever.*

The

---

makes the following remark on it: " This compoſition is very difficult to make; it is neceſſary to ſeize the moment at which the " matter is well tinged *red*, to take it immediately from the fire; for " half a quarter of an hour too much is ſufficient to *change its colour.*" In the next chapter, ſpeaking of a *red* enamel, into the compoſition of which *copper* enters among other ingredients, Kunkel makes this remark: " This compoſition is very fine, and leſs troubleſome than " the preceding one: but, after having added the *copper*, the matter " muſt not be left on the fire: if this is not attended to, *it becomes* " *green*, and the *red colour* that it had taken at firſt *does not laſt.*"

Gellert, Chem. Metallur. problem 97. *Copper* gives a blood-red to glaſs; but if it is left too long on the fire, *it becomes green*, The green, with which the glaſs uſed for bottles and chemical veſſels is tinged, is occaſioned by the iron contained in the vegetable aſhes and ſand, of which that glaſs is compoſed. When the pots, in which the matter has been kept in fuſion, are nearly emptied, the glaſs remaining at the bottom is always *blue*; this is cauſed by it's continuing longeſt expoſed to the fire, and in ſo ſmall a quantity that the fire has a greater effect on it. The whole maſs acquires the *ſame colour*, if too much ſand be added in proportion to the aſhes; for, in that caſe, the materials being more difficult of fuſion, the workmen are obliged to apply a greater heat, and to continue it longer.

It is known, from the experiments of Lemery and others, that the vegetable aſhes contain iron [x]. To examine whether that metal be alſo contained in the ſand uſed in making this glaſs, and how far the colour of the glaſs depends upon it, I made the following experiments:

---

[x] Becher, Phyſ. Subterran. p. 67.

Hæc prima terra (vegetabilis) cum mineralibus vitris, quæ ex arena et ſilicibus parantur, conveniens eſt, ut nulla re, niſi colore, inde diſcerni queat, qui *viridis* eſt, vel *ſubcœruleus*, indelibilem regni ſui aſteriſcum ſervans, nempe *vegetabilem viriditatem* exprimens.

Flora Sat. cap. 8. Note.

As that *blue or green* colour is owing to the *iron* which is found in the aſhes of all vegetables, it muſt not be looked on as a mark capable of characteriſing a vegetable earth.

Exp. 1. Having procured ſome of the ſand uſed in making green glaſs, I melted two parts of it with one part of borax, and one part of nitre, and found that it produced a glaſs ſimilar in colour to that which is made with the ſame ſand fluxed with potaſhes. From hence it appears, that the colouring matter was contained in the ſand.

Exp. 2. I mixed three parts of this ſand with one of powdered charcoal, and expoſed it for ſome hours to a red heat. When this mixture was cold, I ſeparated from it, by a magnet, ſmall grains of *iron*, weighing about one twentieth part of the ſand.

Exp. 3. I melted ſand thus *deprived of its iron*, with half its weight of borax and the ſame quantity of nitre, and found that it produced a perfectly *colourleſs* and tranſparent glaſs.

Exp. 4. To two parts of the white ſand uſed in making cryſtal glaſs, and one of borax and *nitre*, I added a twentieth part in weight, of the *grains of iron*, which I had extracted from the ſand by Exp. 2. and having vitrified this compoſition, I found that it was become exactly ſimilar in *colour*, to that commonly uſed in making green glaſs.

Exp. 5. I expoſed ſeveral pieces of *green bottle-glaſs* made at different glaſs-houſes, under a muffle, to a ſtrong fire, for the ſpace of half an hour, and found that they were all become *blue*.

If the crocus of iron is added in too great a proportion, it continues to adhere together, and remains unmixed, or at leaſt imperfectly mixed, with the glaſs, retaining for that reaſon the colour natural to it when undiſſolved; or if it be in a ſmaller quantity, though yet in too great a proportion to be diſſolved, it will make ſome intermediate colour between the *ruddy* and the *blue*, which laſt it always imparts, when in a ſufficient degree of fire and a proper proportion. The neceſſity of a due proportion of metal to the glaſs has been already inſtanced in gold, which, if in too large a proportion to be diſſolved by the glaſs, inſtead of imparting a red colour to it, runs together in its metallic form.

Henckel has given us a method of making a *beautiful blue glaſs* by this means. It conſiſts merely in mixing *iron* with the matter of which the *pureſt glaſs* is compoſed, and expoſing it to a *violent fire*.

Gellert obſerved alſo, that *iron* imparts to *glaſs* this colour [y]. Mr. Lehman obtained the ſame colour from emery, which is a kind of *iron ore*, or *ferruginous* ſtone, by mixing it with a vitrifiable earth; which colour he attributes to the *iron* contained in it [z].

---

[y] Henckel, Diſſert. 6. On a *blue* obtained from *iron*.

I coloured glaſs with *iron*, and gave it a *very fine blue*. I had calcined, in a pot, fileings of Styrian *ſteel*, which I kept about a quarter of an hour in the fire, without ſtirring them, till they had taken a purple colour, bordering on violet; I mixed about half a grain, which I had ground well in a glaſs mortar, with fifteen grains of very white flint and a very fine alkali; I put the whole into a crucible, covered it with care, and expoſed it *to the moſt violent fire*. The furnace being cooled, I found *a glaſs* of the colour of a *ſapphire*; it was impoſſible to ſee a finer *blue*, either for colour or tranſparence.

Gellert. Chem. Metallurg. vol. ii. prob. 97. Cobalt calcined gives to glaſs a very fine blue; but if too much cobalt, for example an eighth part, is uſed, the glaſs will become black. The calx of *iron* produces the *ſame effect*; and ſometimes it happens that one ſide of the thin piece of glaſs is of the colour of *ruſt*, while the other ſide is *blue*.

[z] Lehman, Treatiſe on the formation of metals, p. 37.

As to the earth of cobalt, or biſmuth, which is the baſis of the blue colour, Henckel conſidered it as a *martial earth* in his Opuſc. miner. p. 573. Some experiments which I have made render that opinion very probable. I have obtained a *very fine blue colour* from a *ferruginous Spaniſh emery:* having once pulverized half a pound thereof and mixed it with an equal part of black flux, I melted this mixture in a well-covered crucible in a pretty violent fire: when the matter was melted, I flung in an inflammable ſubſtance: when that had intirely ceaſed burning, I emptied the crucible, and obtained a maſs of a *moſt beautiful ſapphirine blue*; but which, as one

may

Neri mentions a *ſky colour* imparted to glaſs by Bohemian granates, which method he conſtantly practiſed at a manufactory in Flanders[a]. It is well known that *iron* is the metal contained in thoſe ſtones; that they obey the load-ſtone[b]; and that, being calcined with a proper heat, they yield a conſiderable quantity of iron[c].

---

may imagine; ſoon attracted the moiſture of the air: I repeated the experiment again without putting any black flux, and the colour became ſtill finer: but it was *remarkably beautiful* when the mixture was melted with a *vitrifiable earth*. I can attribute *this colour* only to the parts of *iron* contained in the emery.

[a] Neri, chap. 90. A curious perſon and practical chymiſt may extract a wonderful red from gold, from ſilver a *ſky colour*, and a much fairer from *granates* of Bohemia, which are low-priced; for, being ſmall, you may draw a tincture from them, as I have often done in Flanders.

[b] Boyle of gems, Shaw's Abridg. vol. iii. p. 107. Suſpecting, for ſeveral reaſons, that ſome *granates* contain, beſides other metalline ſubſtances, many corpuſcles of a *ferruginous nature*, I made choice of ſome ſmall ones, which, by their deep and almoſt dark colour, I gueſſed to participate largely of *iron* or *ſteel*, and applied them to a vigorous loadſtone, which, as I expected, took them up: and hereto they conſtantly adhered till they were forcibly ſeparated therefrom—ibid. vol. iii. p. 120. A *chalybeate* tincture obtained from granates.

[c] Junker, tab. x. p. 273. Multi *granati* minus pellucent; atque ex his vulgares præduri, atque alioquin igne indomiti, per ignem ſolarem grandibus vitris cauſticis collectum, denique in fluorem redacti ſunt, ac *merum ferrum* præbuere.

I expoſed in a crucible to a glaſs-houſe fire, for the ſpace of thirty hours, part of a flint glaſs retort, in which a native *green vitriol of iron* had been diſtilled, and which had been corroded and tinged by it; by this means it became coloured of a *fine tranſparent blue*, not diſtinguiſhable from that which cobalt imparts to glaſs.

Iron vitrified *per ſe* is converted into a blue glaſs [d].

In ſhort, it is indubitable that *iron is the only metal*, which will, *without any addition*, impart to the matter of glaſs *a blue colour*; for *copper* will not communicate that colour, *without the* addition of a conſiderable quantity *of ſalts*, or ſome other matter that attenuates it; and the other metals *cannot by any means* be made to produce it at all.

Having ſhewn that the *metals* exhibit colours, invariably in the order of their *denſities*, when melted with *glaſs* in a proper proportion, *without any other ingredient*, and *expoſed to a ſufficient heat*; I ſhall proceed to ſhew that the other preparations of the metals, viz. their ſolutions, precipitates, cryſtals, &c. do for the moſt part exhibit the ſame *colours*, in the order of their *denſities*, though not ſo invariably as their glaſſes; ſome ſmall variation of colour happening in the more imperfect metals, probably from a change of denſity in their different preparations.

---

[d] Lewis's Courſe of Chem. p. 49. The ſpecific gravity of iron is to that of gold as 7,645 to 19,640. This metal requires a great degree of heat to melt it, when it throws out ſparkles, loſes conſiderably of its weight, and is at length converted into a *dark blue glaſs*.

GOLD.

GOLD precipitated from aqua regia, and waſhed with hot water, or boiled in a ſolution of alcaline ſalt, becomes *red* on being expoſed to a ſlight heat. Lewis, Hiſtory of gold, p. 108.

2. The ſame *colour* is produced when this precipitate of *gold* is ground with oil of vitriol, or ſpirit of ſulphur; or if it be mixed with ſulphur, and the ſulphur burnt away. Junker, tab. XXXIII. p. 859.

3. The ſmoaking ſpirit of Libavius, mixed with *gold* and afterwards drawn off from it by diſtillation, changes it's colour to *a blood red*.—Sol ſine veſte, exp. 19. Junker, tab. XXXIII. p. 861.

4. *Gold* is reduced into *a red powder*, by amalgamation with mercury, and expoſing it for a con-

ſiderable time to a ſlow heat.—Boyle's Abridg. vol. ii. p. 77. Junker, tab. xxxix. p. 987.

5. After the publication of this Paper, in the Philoſophical Tranſactions, Dr. Prieſtley made ſome curious Experiments on the manner of producing a Colour from Gold. I need not apologize for tranſcribing any part of them, except that which expreſſes too favourable an opinion of my Endeavours. It will appear, from the following paſſages, that Gold is capable of being diveſted of its metallic Luſtre, and of aſſuming a *red* Colour, by means of the Electric Exploſion, under circumſtances different from thoſe which attended Dr. Franklin's method of producing that effect, already referred to.

" I firſt procured a ſmall quantity of *grain Gold*, " which I was informed was the pureſt that the " goldſmiths know, and diſcharged an exploſion " of the battery through a train of the pieces, " an inch and a half in length, laid on a piece " of white paper. Only two of the larger grains " could be found after the Exploſion. Two " leaves of paper were burnt, or torn through " in ſeveral places, and more would probably " have been torn in the ſame manner, if I had

“ uſed more. But what I principally attended “ to was the tinge that was given to the paper, “ with a view to which I had made the Experi- “ ment. The paper was ſtained near an inch “ on each ſide of the train, with black inter- “ mixed with *red*, making an odd motley ap- “ pearance.

“ The blackneſs in theſe tinges convinced me, “ that there had been a calcination of ſome part “ of the metal; but I was convinced it muſt “ have been ſome alloy, by an Experiment I “ preſently after made with a piece of *leaf gold*, “ which, I believe, is generally the pureſt that “ can be got. A ſmall ſlip of this I put through “ a quill, letting a part hang out at each end; “ and when I had made the diſcharge through “ it, I found the quill tinged with a *beautiful* “ *Vermillion* Red, without the leaſt intermixture “ of black. When I diſperſed a ſlip of leaf “ braſs in the ſame manner, the greater part of “ the tinge was black, with a little brown mixed “ with it in a few places.

“ I make no doubt but that if I could avoid the “ black duſt, in theſe Experiments, I could “ make each of the metals give a tinge of its

" genuine colour, as they are excellently deſcrib-
" ed by Mr. Delaval in a late paper of the Philo-
" ſophical Tranſactions [e]."

It appears, from theſe Experiments, that Gold acquires a *red* Colour, by a minute Diviſion of its Particles, without any addition.

6. If ſix parts of antimony are fuſed with one of *gold*, and the antimony driven off by the blaſt, a *red* powder of *gold* is left behind.—Caſſius de Auro, cap. 10.

7. *If gold leaf* be cemented and ground with decrepitated ſalt, hartſhorn, pumice, or chalk, and expoſed to a proper heat, *the metal becomes red*, and may be precipitated from a ſolution of thoſe ſubſtances in a *red* powder.—Junker, tab. XXXIII. p. 854. Lewis's Hiſtory of gold, p. 74. Sol ſine veſte, cap. 6.

8. A *red* tincture may be prepared from *gold* by ſeveral methods mentioned by Libavius, Alchem. lib. ii. p. 130. Junker, tab. XXXIII. p. 868.

9. A ſolution of *gold* in aqua regia prepared from ſal ammoniac may be ſublimed of a *blood red* colour.

---

[e] Hiſtory of Electricity, p. 682.

The ſame is effected by diſſolving the calx, or crocus of *gold*, in other menſtrua. Lewis's Hiſtory of gold, p. 100. Junker, tab. xxxiii. p. 857.

10. A ſolution of *gold* in aqua regia, evaporated properly, affords cryſtals of a *bright red* colour.— Caſſius de Auro, p. 109. Junker, tab. xxxiii. p. 862. 868. Lewis's Hiſtory of gold, p. 99.

11. *Aurum fulminans* moiſtened with water, has been found to tinge gems deeply of a *fine red*. Phil. Tranſ. N°. 179.

12. A ſolution of gold tinges ivory, cotton, the ſkin, and other ſubſtances *red*.

Rubies being frequently found in *gold mines*, it is very probable that they receive their colour from that metal; and from this circumſtance, before the experiment had been made, Libavius rightly conjectured that a ſolution of *gold* would communicate a *ruby* colour to *glaſs*. Libavii Alch. p. 88.

It does not appear that, excepting the colour natural to *gold* in its intire ſtate, any other than *red* can be obtained from preparations of this metal: it is from this colour, which *gold* aſſumes whenever its metallic brightneſs is deſtroyed, that writers in chymiſtry call it leo *ruber* [f].

LEAD

THE only coloured preparations of *lead*, (beſides its glaſs) are thoſe produced by calcination in the furnace. The firſt of the primary colours produced by this proceſs is yellow, the calx paſſing from that colour through *orange* into red.

This variety of the Colours proceeds from the Imperfection of the Metal. It is probable that, during the Calcination, Lead receives a ſmall portion of Phlogiſton, as well as Air. For the Affinity between the Earth of this metal and inflammable matter is very great: as appears from the readineſs with which its Solutions and Calces unite with Phlogiſtic Vapours. The effect of ſuch an Union muſt, probably, be a Change of Colour from Orange to Red. For Sir Iſaac Newton has ſhewn that Bodies reflect more ſtrongly, in proportion as they poſſeſs more Phlogiſton: and that the leſs refrangible Colours require a greater power to reflect them. The perfect metals gold, and ſilver, not being capable of loſing any of their Phlogiſton, or of receiving an additional quantity of it, are not liable to a Change of Colour by this means.

---

[f] Libavius de natura metallorum, lib. i. cap. 4. de auro. In ſuo manifeſto citrinum eſt, in occulto ſummam continet *rubedinem*; unde et non tantum tinctum ipſum eſt, ſed et tincturam *rubedinis* confert abundantem.

Dum *citrinum* dicitur, externus vultus qualis eſt poſt excoctionem reſpicitur: illa tamen citrinitas igne cæmenti et in opere philoſophico ſumma *rubedine* permutatur. Itaque hinc eſt philoſophorum axioma, quod in *citrinitate* lateat *rubedo* excellentiſſima, qualis eſt *rubini* gemmæ.

Voces occultum, manifeſtum, non ita pueriliter ſunt accipiendæ, quaſi in ſuperficie ſit flavum, in centro *rubrum*: ſed progreſſiones colorum in perfectione artificiali notantur, quod naturali proclivitate et diſpoſitione poſt citrinitatem abolitam, aſſumat *rubedinem*.

Leo ruber non ſolet vocari, antequam ab arte eleboratum, et aſtrale, ut aiunt, factum. Potentia tamen etiam ſimplex et naturale aurum ita vocare non eſt abſurdum, cujus *tinctura* appellatur ejus ſanguis, quo vocabulo et *fermentum rubeum* denotatur.

SILVER.

THE Preparations of Silver, which are of a primary Colour, (beſides the Yellow which this metal imparts to glaſs, and other vitreous ſubſtances, as Earths, or Salts) are Luna Cornea, which Mr. Boyle ſays is of a *fair Yellow*[s], and ſome of its Precipitates

---

[s] Shaw's Boyle, vol. i. p. 255. Phyſical Eſſays, Edinburgh, 1754, vol. i. p. 310. Art. 10. Remarks on chymical ſolutions and precipitations, by A. Plummer, M. D.

When either a muria of ſea ſalt, a ſolution of ſalt ammoniac, or ſpirit of ſea ſalt (for theſe three have nearly the ſame effects) is put into tates from a Solution in the nitrous Acid, eſpecially thoſe which are obtained by means of Salts impregnated with inflammable matter [h].

Dr. Prieſtley reduced Silver to a *Yellow* matter, by the electric Exploſion, as appears from the following:

into a *ſolution of ſilver*; it becomes milky, and, as it were, curdled, and at length a white powder ſubſides to the bottom: this powder being waſhed with warm water and dried, is ſoft and impalpable; it's weight exceeds that of the ſilver diſſolved by more than one ſixth part. This powder comes much ſooner to fuſion than ſilver, but does not recover the appearance or properties of that metal; for it looks like a piece of *yellowiſh glaſs*, ſemiopaque and brittle, yet bending or yielding a little, whence it gets the name of luna cornea.

[h] Margraf. Opuſc. Chym. Diſ. 5. § vii. J'ai diſſous demi-once d'argent le plus pur, dans une ſuffiſante quantité d'acide nitreux, le mieux épuré:—j'ai pareillement diſſous dans quatre parties d'eau diſtillée une once de ſel d'urine, que j'ai dit plus haut faire la baſe du phoſphore. J'ai verſé par gouttes cette ſolution ſaline ſur la ſolution ſuſdite d'Argent, étendue dans trois ou quatre parties d'eau; et j'ai fait cette inſtillation à diverſes repriſes, juſqu'à ce qu'il ne ſe précipitât plus rien. Il ſe trouve au fond un précipité *de la plus belle couleur de Citron*.

Mem. de Chimie. par M. Sage, Paris, 1773, p. 93. J'ai reconnu que l'acide marin éprouvoit une modification particulière, lorſqu'on le diſtilloit avec des matières huileuſes.—L'acide marin qu'on obtient en le diſtillant ainſi, eſt beaucoup plus ſubtil; il forme avec l'alkali fixe, un ſel fébrifuge cubique, et avec l'alkali volatil, un ſel ammoniac; maiſ ces deux combinaiſons ſalines diffèrent du ſel fébrifuge et du ſel ammoniac ordinaires, en ce qu'elles ont la propriété de *précipiter en jaune citrin l'Argent* diſſout dans l'acide nitreux.

lowing paſſage[1]: "With the ſame view, I laid a "ſimilar train of bits cut with a knife from a piece "of as pure *Silver* as I could procure. They were "diſperſed, and the paper burnt through, in the "ſame manner as with the gold; and the ſpace of "about an inch on each ſide of the train was ſtained "with black intermixed with a deep *Yellow*, which "was conſiderably different from the tinge made by "the fuſion of the gold.

"The blackneſs in theſe tinges convinced me, "that there had been a calcination of ſome part of "the metal; but I was convinced it muſt have been "ſome alloy, by an Experiment I preſently after "made with a piece of leaf gold."

COPPER and IRON.

IT thus appears that all the preparations of *gold*, and *ſilver*, invariably retain the *colours* peculiar to the *order* of their *denſities*, and that they are the *ſame with thoſe which they communicate to glaſs*.

The two moſt imperfect metals, copper and iron, being very eaſily acted on by almoſt all menſtrua, the colours of their ſolutions, &c. viz. green and blue, are apt to change into each other's order; the copper in ſome ſolvents becoming blue and the

iron

---

[1] Hiſtory of Electricity, p. 683.

iron green, and in other ſolvents vice verſâ; this probably depending on the increaſe or diminution of their denſities.

The ſolutions of copper, in the acids of nitre and ſea ſalt, and in the vegetable acids, are green. But if copper be attenuated by ſolution in volatile alcalies, it becomes blue. Theophraſtus and others have obſerved, that *emeralds* are frequently found in *copper mines*; and it is probable that they obtain their tinge from that metal.

I melted ſome *emeralds* with twice their weight of ſalts, and found that they had formed a fine *green glaſs*, ſuch as would have been produced from the ſame quantity of a *vitrifiable earth*, and about a hundredth part of its weight of *copper*.

Iron diſſolved by the vitriolic acid is green; but if further attenuated by a chemical proceſs, it produces that beautiful colour called *Pruſſian blue*. Phil. Tranſ. N°. 38. Henckel Diſſert. 6. The Blue martial earth, called by Cronſtedt native Pruſſian Blue [k], ſeems to be of the ſame kind as that which

---

[k] Cronſtedt Syſt. Miner. Sect. CCVIII. Iron, with an alcali and phlogiſton. Calx martialis phlogiſto juncta, et alcali precipitata. Blue martial earth. Native Pruſſian Blue.

is found in Peat Moſſes in Scotland. It owes its Colour to the Iron, which enters into its compoſition [1]. I think it probable that this Blue is produced by an admixture of Aſtringent Vegetables, with the Vitriol which is often found in Peat and Turf; in ſome places, as in the Beauvaiſis, that Salt abounds in the Turf ſo conſiderably, that ſeveral Manufactures for the extraction of it are eſtabliſhed there.

A ſimilar *blue* may be obtained from the *iron* contained in the aſhes of all plants. Henckel, Flor. ſat. chap. 8. parag. 55.

Having

---

(1) Looſe or powdery, found among the Turf in the levels of the province of Skone: Alſo in Weiſſenfels, and at Norvlanden in Norway, &c.

[1] Mem. de Chimie. par M. Sage, p. 65.—Les acides minéraux enlèvent tres-promptement la couleur du *Bleu de Pruſſe natif*, on trouve alors au fond du Vaſe, *une terre martiale* brunatre; l'acide nitreux diſſout ce méme Bleu de Pruſſe natif, avec efferveſcence. Il réſulte de ces expériences, que le principe colorant eſt beaucoup moins inhérent dans le Bleu de Pruſſe natif que dans celui que nous devons à l'art, puiſque les acides avivent la couleur de ce dernier loin de l'altérer.

Le Bleu de Pruſſe natif, mis en digeſtion dans les alkalis étendus d'eau, perd ſa couleur; on trouve au fond du vaſe de la *terre martiale brune*; lorſque les alkalis ſont ſaturés de l'acide qui donne la couleur au bleu de Pruſſe natif, ils ne ſont plus efferveſcence avec les acides: ces mêmes alkalis ſont propres à précipiter de ſa diſſolution, le *Fer* en très-beau Bleu de Pruſſe.

Having expoſed a pound of wood aſhes in a luted crucible, to a pretty ſtrong fire, for thirty hours, the greateſt part of them became tinged *blue* by the *iron* contained in them.

A *blue* may be alſo extracted from a *martial vitriol*, by ſpirit of wine. Henckel, de appropriatione, chap. 2. parag. 257.

An inſtance of a mineral ſubſtance changing it's colour from *green* to *blue* on it's *ſpecific gravity* being *diminiſhed*, appears in a ſtone deſcribed by Dr. Grew in the Muſeum of the Royal Society: this gem is a kind of *emerald*, which, when *expanded* by heat, becomes *blue*, and remains of that colour till *cold*, in which ſtate it returns to it's uſual colour, which is *green*.

Tin is not capable of being vitrified, or imparting any colour, except an opake white, to glaſs; nor are any preparations of it of any primary colour.

MERCURY.

THERE is no body of an intermediate *weight* between *gold* and *mercury*: and it is probable that a great part of the difference between their ſpecific gravities depends on the *fluidity* of the one and the *ſolidity* of the other.

Mercury is not capable of communicating any colour to *glaſs*, being ſo volatile that it will not bear the degree of heat neceſſary to incorporate it with the glaſs in fuſion.

But it is well known that it's *calx*, either prepared *per ſe*, or by diſſolving it in an acid and evaporating the menſtruum, is *red*.

2. A ſolution of mercury tinges the ſkin, &c. *red*, as *gold* does.

PLATINA.

THE *ſpecific gravity* of *platina* being nearly equal to that of *gold*, it ſeems neceſſary to examine whether the colour of it's preparations correſpond with thoſe of gold.

On looking into a diſſertation written by Dr. Lewis on that metal, in the Philoſ. Tranſ. I find that the *precipitates* and *cryſtals* obtained from ſolutions of *platina* are *red:* and that a ſolution of that metal in aqua regia, to perfect ſaturation, is of a *dark red,* though, when diluted, *yellow*; in the ſame manner that "a *red* liquor (as Sir Iſaac Newton obſerves) in a *conical glaſs*, looks of a pale and dilute "*yellow*, at the bottom, where it is thin; and a "little higher, where it is thicker, *orange*; where "it is thicker ſtill, it becomes *red*; and where it is thickeſt, the liquor is *deepeſt and darkeſt*." Newton's Opt. p. 160.

HAVING gone through theſe experiments and facts, which ſeem to ſhew that the *metals* invariably exhibit *colours* in the order of their *denſities*, when melted with *glaſs*, under the circumſtances abovementioned; and that the *other preparations* of the ſame metals, for the moſt part, aſſume the *ſame colours*; it ſeemed probable that the cauſe, on which the colour of natural bodies depend, may ſometimes be conjectured from the chymical analyſis of ſuch ſubſtances. This I have attempted with regard to the colour of plants.

It is known from the experiments of Lemery and others, that all earth is impregnated with *iron*; that the *ferruginous* matter is received into the roots of plants in their growth, and makes part of their ſubſtance, and is univerſally diſſeminated through them; and that *iron* may be ſeparated by a magnet from the *aſhes of all vegetables* [m].

---

[m] Lemery's Mem. de l'Academ. anno 1706.
Memoirs of the Acad. of Upſal and Stockholm, of the earth found in vegetables, by J. G. Wallerius, 1760.

It has been already obſerved, that the *green* colour of the *glaſs* uſed in making bottles, is cauſed by the *iron* contained in the materials of which it is made; and I have cited Becher's opinion, that the *green* or *blue* colour in glaſs is an indelible mark of it's *vegetable* origin.

This obſervation of the conſtancy of that *colour* in glaſs made of *vegetable aſhes*, and it's being cauſed by *iron*, led me to conjecture, that the *colour* of the *intire vegetables* ariſes alſo from the iron, ſo univerſally diffuſed throughout their ſubſtance in their growth.

Green is the colour which *iron* aſſumes conſtantly, when diſſolved by the *acid in the air*; that metal thus diſſolved being a true green vitriol of iron[a]: and as this ferruginous matter is univerſally diſſeminated through the leaves and branches of plants, thoſe parts of it which are at the ſurface will, by

their

---

[a] Shaw's Notes to Boerhaave's Chymiſtry, vol. i. p. 94. *Iron* is eaſily diſſolved in ſalts, dew, air, &c. by the action of any of theſe it contracts a ruſt, which is nothing but the flowers of iron, or iron diſſolved, and forſaken by it's diſſolvent: for *iron* examined with a microſcope when it firſt becomes ruſty, ſhews it's ſurface covered with a number of pellucid *vitriolic lamellæ*, or glebes, which, being afterwards dried by the fluid menſtruum's evaporating, become a ruddy calx.

their contact with the air, aſſume the colour peculiar to its ſalt or vitriol.

Moſt vegetables, when they grow in ſuch a manner as to be defended from the contact of the air, are prevented from becoming green.

This happens to the roots of trees, and as much of their ſtem as is covered with earth: graſs growing under ſtones, or other bodies, that accidentally lie on it, is white; not having the leaſt green, but as the air has acceſs to it: and it is a method commonly uſed by gardeners, to cover with earth thoſe parts of plants which they would preſerve white: by that means hindering them from being tinged green by the contact of the air, as the parts expoſed to it are: though it appears from experiment that the preſence of light, as well as of air, is neceſſary to the production of the colour of plants.

Beſides the *iron* diſſolved at the *ſurface* of plants by the air, that which is contained in the *inſide* of them, may be kept in a ſtate of ſolution, when it meets with a proper quantity of *acid*; and it is remarkable that the inſide of moſt fruits and other parts of plants remain *green* no longer than they continue in an *acid* ſtate.

The quantity of *iron* contained in plants will not appear too ſmall to produce their colour, when it is known that one grain of vitriol, of which only a ſmall part is iron, the reſt being acid and water, is able ſenſibly to communicate a *green colour* to ten thouſand grains of water. Lemery mentions this great diviſibility of iron as an argument of its being able to paſs into the ſmalleſt parts of plants. Mem. Acad. anno 1706.

A circumſtance which ſtrongly confirms that the *colouring matter of vegetables*, and a *ferruginous vitriolic ſubſtance*, are of one and the ſame kind, is, that the *vitriol of iron*, which is *green*, paſſes through the ſame colours, while its moiſture is evaporating, which *vegetables* do, when by withering they undergo the ſame ſort of change: the *vitriol* deprived of its water by calcination grows firſt *yellow* and then *red*[o]; and Sir Iſaac Newton has obſerved that, " when *vegetables wither*, ſome of them turn to a " *greeniſh yellow*, and others to a more perfect *yellow* " or *orange*, or perhaps to *red*, paſſing firſt through " the aforeſaid intermediate colours: which changes " ſeem

---

[o] Boerhaave's Chym. vol. ii. proceſs 164. If this ſecond calx (that is, *green vitriol* reduced to powder by a moderate heat) be calcined in a crucible, in an open ſtrong fire, it grows *yellow*, *red*, and at length becomes a deep purple powder.

" ſeem to be effected by the exhaling of the moiſture, " which may leave the tinging corpuſcles *more denſe* " and ſomething augmented by the accretion of the " oily and earthy parts of that moiſture." Newton's Optics, lib. ii. prop 7.

This is the only paſſage in Newton, in which he inſtances any *permanent colour* of a natural body as ariſing from a *change of denſity:* and thongh he has not any where at large delivered his opinion on this ſubject; it appears that, in this caſe, he conſidered the *leſs refrangible colours* in withered vegetables as ariſing from their *increaſe of denſity*; which is what I endeavoured in the beginning of this paper to prove deducible from his doctrines.

I am,

My Lord,

Your Lordſhip's

moſt obedient

and moſt humble Servant,

Old Palace-Yard,
Jan. 17, 1765.

Edward Delaval.

DESCRIPTION ET USAGES
DES
NOUVEAUX BAROMETRES,
POUR
MÉSURER LA HAUTEUR DES MONTAGNES,
ET LA
PROFONDEUR DES MINES,

APPARTENANTS AUX
COLLECTIONS D'INSTRUMENS D'ASTRONOMIE ET DE PHYSIQUE,
FAITS À LONDRES EN 1778 ET 1779,
PAR ORDRE DE LA COUR D'ESPAGNE:

AVEC UN
PRÉCIS DES BAROMETRES À GRANDE ÉCHELLE,
ET
D'UN MÉTÉOROGRAPHE CONSTANT.

PAR J. H. DE MAGELLAN,
GENTIL-HOMME PORTUGAIS, MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES, DE L'ACADEMIE IMPERIALE DES SCIENCES DE PETERSBOURG, DE LA ROYALE DE MADRID, ET CORRESPONDANT DE L'ACADEMIE ROYALE DE SÇIENCES DE PARIS.

À LONDRES:
De l'Imprimerie de W. RICHARDSON, dans le *Strand:*
Et ſe vende chez B. WHITE, Libraire, en *Fleet-ſtreet*; P. ELMSLEY, Libraire, dans le *Strand*; & W. BROWN, Libraire, au Coin d'*Eſſex-ſtreet*, près de *Temple-Bar*.
M DCC LXXIX.

TABLE

DES

ARTICLES DE CE TRAITÉ SUR LES BAROMETRES.

N°—Pag.
INvention du Barometre - 178--87
Dénominations différentes - 179--*ib.*
Propriétés des Barometres Nouveaux 180--88
De la Boëte, ou Etui - - 186--89
Soutien pour le ſuſpendre - 188- *ib.*
Pour le rafermir - - - 189--90
Sur ſa Suſpenſion - - - 192--*ib.*
Précaution néceſſaire - - 193--91
Sur le Régulateur du reſervoir - 196--*ib.*
Sur quelques Inconveniens à éviter 199--92
Du Zero de la Colomne du Mercure 203--94
Pour obſerver ſa Hauteur - 206--95
Sur les deux Echelles - - 207--*ib.*
De la Poſition du Nonius - 209--*ib.*
Tables décimales pour la Réduction des Méſures Angloiſes & Françoiſes, &c. - - 213--97
Régle pour l'Uſage de ces Tables 218--98
De la Longueur de l'Echelle de ces Barometres - 226--98
Sur des Echelles plus grandes - 229-- 99
Sur la Température du Mercure dans le Barometre - 233--100
Sur la Température de l'Atmoſphere 234-- *ib.*
Qu'il faut avoir deux Barometres pour méſurer les Hauteurs, & quatre Thermometres ſemblables 236--101
Deſcription des Thermometres - 241--102
Avantages de l'Echelle de Fahrenheit 245--104
Réduction des deux échelles de R & F 246-- *ib.*
Ajuſtement des deux Barometres - 248--105
Pratique des Obſervations - 252--106
Sur l'Echelle de Correction - 257--108
Table Décimal des Expanſions & Contractions du Mercure, & ſon Uſage - - - 262--110
Réduction des deux Températures de l'Atmoſphere - - 270--112
Régles du Calcul des Hauteurs - 273--113
Table décimale de la Correction des Hauteurs, & ſon Uſage 284--116
Exemple prémier, & Détail du Calcul - - - 288--117
Exemple ſécond, & Détail du Calcul - - - 294--119
Exemple troiſième, & Détail du Calcul - - - 300--122

N°—Pag.
Table du Chevalier Shuckburg, & ſon Uſage - - - 303--123
Exemple prémier par cette Methode 305--124
Exemple ſécond, & Détail de ce Calcul - - - 307--125
Rémarque ſur cette Méthode - 313--127
Raport des Obſervations du Barometre aux Obſ. aſtronomiques 316--128
Manière d'empaqueter ces Barometres 317-- *ib.*
Pour remplacer les Tubes caſſés - 322--130
Méchaniſme du Réſervoir - 324-- *ib.*
Du Ciment plus excellent – 331--132
Préparation du Mercure - 333-- *ib.*
Pour le bouillir - - 334--133
Sur deux Diſpoſitions nouvelles des Barometres - - 341--135
Sur les Barometres de Chambre - 343--137
Sur les Obſerv. météorologiques 353--139
Sur les Prédictions du Barometre 356--140
Application des Barometres nouveaux pour ſervir aux Obſervations ſur Mer - 358--141
Déclaration de l'Inventeur - 361--145
Sur les petits Barometres Marins perfectionnés - - 363--146
Sur le Manometre - - 363--147
Sur les Barometres pour les Obſervations plus communes - 364--149
Du Barometre de Deſcartes - 365--150
Du Barometre à Cadran - 366--151
Du Barometre Diagonal - - 367--152
Du nouveau Barom. Stéréometrique 368-- *ib.*
Du nouveau Barometre Sectoral 369--154
Du Barometre Statique - 370--155
De l'Horloge Perpétuel - - - 372--158
Des Montres qui ſe remontent d'elles-mêmes - - *ib.*-- *ib.*
Du Météorographe - - 373-- *ib*
Du Thermometre ouvert - 375 *A.*--162
Du Thermometre Métallique - 375 *B.*--163
De l'Hygroſcope - - 375 *C.*-- *ib.*
De la Girouette - - 376-- *ib.*
De l'Anemometre - - 376 *A.*-- *ib.*
Du Pluviometre - - 376 *C.*--165
De l'Atmidometre - - 376 *D.*-- *ib.*
Du Rhoiametre - - 376 *G.*--164
Avis d'un autre Météorographe - *ib.*

DESCRIPTION DU BAROMETRE NOUVEAU,

ET

METHODE PRACTIQUE DE L'EMPLOYER À MESURER LES HAUTEURS DES MONTAGNES, &c.

Sur le Barometre en général.

178. On doit l'invention du Barometre au fameux Torricelli, ami & ſucceſſeur du grand Galilée: mais il y a eu, depuis lui, un grand nombre d'habiles Gens de preſque toutes les nations de l'Europe, qui s'appliquerent à perfectioner cet inſtrument. En effet le Barometre eſt un inſtrument des plus difficiles à réunir toutes les qualités, dont on a beſoin, pour en tirer le plus grand parti poſſible. M. de Luc, ſavant Genevois, actuellement à Londres, ſemble avoir plus travaillé de nos jours, ſur cet objet, qu'aucun de ceux qui l'ont précédé; comm'il paroit par ſon grand ouvrage ſur les *Modifications de l'Atmoſphere*, qui eſt generalement connû & eſtimé de toute l'Europe.

Dénominations différentes de cet Inſtrument.

179. Les Savans & les Artiſtes Anglois n'ont pas manqué d'appliquer, depuis long tems & même récemment, leurs attentions à ce genre d'inſtrumens; dont les dénominations ſont devenues preſqu' auſſi variées & nombreuſes, comm'il y a eu des perſonnes, qui donnerent quelque conſtruction différente au Barometre, ou qui y firent quelqu' addition plus avantageuſe, du moins à quelques égards. C'eſt à leur imitation, que j'oſe donner *mon nom* au Barometre, dont je vais donner la deſcription; parcequ'il ſemble réunir les avantages des meilleurs Barometres qu'on connoit actuellement, ſans en avoir les defauts: & cette ſeule circonſtance le rendroit ſupérieur à tout autre, lors même qu'il n'auroit point les autres qualités, qui lui doivent aſſurer la préférence.

Propriétés de ces Barometres nouveaux.

180. En *premier lieu*, ce Baromètre a les propriétés du Barometre à-ſiphon de M. de Luc; mais ſans que la moindre bulle d'air y puiſſe entrer dans le tuyau, quoiqu'on le renverſe, ou qu'on le tourne dans tous les ſens: & cette circonſtance le rend parfaitement portable.

181. En *ſecond lieu*, les varietés produites, dans la hauteur de la colonne de mercure, par la coheſion & la repulſion de ſes deux extrêmités, aux différens points de la ſurface interieure du tube, y ſont compenſées; parcequ' elles agiſſent en ſens oppoſé, les unes des autres, dans une étendue tout-à-fait ſemblable des ſurfaces des deux tuyaux qui les renferment, & qui ont le même diametre.

182. En *troiſieme lieu*, par la même raiſon, la figure convexe de ces deux ſurfaces devient ſemblable, & ne peut point produire l'incertitude qu'il y a, lors qu'une des ſurfaces eſt beaucoup plus étendue que l'autre; ou pour mieux dire, lorſque la ſurface du mercure dans le reſervoir eſt plate, & celle de ſa colonne dans le tuyau ſuperieur eſt convexe; comm' il arrive toujours dans les Barometres ordinaires.

183. En *quatrieme lieu*, ces deux ſurfaces, tout-à-fait ſemblables, ſont obſervées toutes deux à découvert, ſans compter que ſur l'évidence des propres yeux. Au lieu qu'il eſt impoſſible d'obtenir cet avantage, ni celui du nombre précédent, dans les Barometres des meilleurs artiſtes, ou dans aucun autre, dont la ſurface du mercure, dans le reſervoir, forme une des extremités de la colonne mercurielle; lors même qu'elle y ſoit obſervée, en la prennant par le moyen d'une piece flotante d'ivoire, ou d'une autre matiere.

185. En *cinquieme lieu*, par la même raiſon, d'obſerver à découvert les deux extremités de la colonne du mercure, il n'y a pas à craindre aucune mépriſe de la part de l'artiſte dans la determination du *zero*, ou extrémité inferieure de la colonne mercurielle. Car, outre que le poids de la piece flotante, peut varier avec le tems, depuis que les diviſions & diſtances de la meſure des hauteurs ont été determinées; il y a toujours quelque doute ſur l'effet du frotement, que la tige de cette piece ſoufre dans les cotés de ſon chaſſis, pour obeïr à la reſiſtance, que ſa baſe rencontre, dans la ſurface du mercure du reſervoir.

185. On verra quelques autres avantages de ce nouveau Barometre dans les N°·190, 191, 192, 193, 320, &c. dont je ne parlerai point à preſent; parce qu'il ſera plus court de les annoncer au même tems, que j'en décrirai la conſtruction. A l'égard du vrai mérite des *Inventions*, voyez la *Note F* de mon *Traité* ſur les *Octants*.

Forme de la Boëte.

186. La figure 39 repréſente le Barometre, tout fermé dans ſa boëte E F de mahogany, par le moyen des trois anneaux de metal *g b b*, dont le plus grand *g* peut paſſer par deſſùs les deux *b* & *b*; & celui du milieu *b*, par deſſùs le plus petit *b*. Chaqu' anneau a les deux rebords, un peu elevés au deſſùs de ſon plan: & ils ſont guillochés, pour être mieux ſaiſis par la main, en les otant, ou en les mettant à leur place.

187. Cette boëte E F a la forme d'un cylindre creux, fendû en trois branches depuis *a a* juſqu'à F; qui ſont excavées au dedans, pour recevoir le corps du Barometre; & garnies avec des bouts de fer à l'extremité F. Ces trois extrêmités forment enſemble une pointe ronde fort obtuſe; mais lorſqu'elles ſont ſéparées, leurs pointes devienent aſſez tranchantes, pour tenir fermement ſur le terrein, ou même ſur le plancher, où elles appuient. *Voyez la* figure 41.

Du Soutient de l'Inſtrument.

188. C'eſt ſur la boëte *a t t t* que la Barometre doit être ſuſpendu (N° 191, 192.): & ſon propre poids l'y rend perpendiculaire à l'horizon, ſans avoir beſoin d'être ajuſté par l'Aplomb, que M. de Luc employe avec ſon Barometre. Il eſt vrai, que, s'il y a quelque vent aſſez ſenſible, lorſqu'on obſerve à découvert, il cauſe des vibrations, qui rendent l'obſervation difficile. Pour obvier à cet inconvenient, j'avois fait ajouter, au dedans de chaque jambe du ſuſpenſoir, une tringle de bois, qui y tenoit par une charniere, & qui ſe plioit au dedans lorſque les jambes etoient fermées, comme dans la fig. 39. Lorſqu'on ouvroit le ſuſpenſoir, on faiſoit tomber les trois tringles ſur le reſervoir *n c*, [fig. 41.] du Barometre; & elles l'y arrêtoient fermement.

Methode pour rafermir l'Inſtrument.

189. J'ai ſupprimé cependant ce mechaniſme dans la ſuite; parceque j'ai trouvé, qu'on pouvoit obtenir plus aiſément toute la fermeté qui eſt requiſe, en attachant deux bouts de ficelle au deux jambes du ſuſpenſoir: on fait un double, ou triple tour avec les deux ficelles enſemble, autour de la boëte, ou reſervoir, du Barometre (mais ſans le déranger de ſa poſition verticale): & on les lie tout uniment à la troiſieme jambe du même ſuſpenſoir.

190. Dans ces Barometres chaque branche tient à la couronne, ou partie ſuperieure *F a a*, par une charniere, comme les fig. 39 & 41 le répreſentent: en ſorte qu'on peut les ouvrir autant qu'on veut, ſans forcer ni gâter les gonds, comm' il doit arriver dans un cas pareil, lorſque leur conſtruction eſt, comme celle qu'on voit repréſentée au N° 33. des *Tranſactions Philoſ.* de Londres, vol. lxvii. p. 658.

191. Meſſ. Nairne & Blunt penſerent à la nouvelle conſtruction que je décris, pour remplir l'objet que je leur avois recommandé, d'avoir la ſuſpenſion du Barometre dépendente d'une plaque, qu'on fut à même de tourner du coté du jour le plus avantageux; à fin d'obſerver, avec préciſion & ſans gêne, les deux extrêmités de la colonne mercurielle, comm' on le verra bientôt. En effet il y a, au dedans de la couronne ſuperieure *x*, une plaque ronde qui eſt mobile dans le ſens horizontal: & qui porte l'axe du cercle, où ſont les deux entailles triangulaires, où le Barometre eſt ſuſpendû. Voici actuellement, comment il faut monter cet inſtrument.

Maniere pour ſuſpendre le Barometre.

192. Prenez le Barometre, comm' il eſt dans ſa boëte (fig. 39.): & mettez-le ſur une table, ou ſur un autre plan horizontal, ayant les deux petits cercles noirs *d* (même figure) tournés en haut. Otez les trois anneaux *g b b*; levez, ou pliez en haut, les deux branches, ou plutôt jambes ſuperieures: tirez le Barometre du dedans, & établiſſez la boëte à trois jambes dans l'endroit, où vous voulez obſerver, comm' on la voit dans la *figure* 41. Enſuite ôtez la calote *z z*, qui eſt de metal, & ſert à boucher la boëte. *Voyez le* N° 321.

Précaution néceſſaire.

193. Il eſt fort à propòs d'examiner, avant de monter le Barometre dans ſon trépied, ſi par hazard il s'eſt introduite quelque bulle d'air dans ſon tuyau : car ſi celà arrivoit, l'obſervation ne vaudroit rien, comme je le remarquerai tantôt (N° 198.) Pour cet effet j'ai fait ouvrir un gros trou *K*, au ſommet du Barometre, qu'on voit tout près de l'anneau ſupérieur ; à fin que le bout du tuyau paroiſſe tout à decouvert, & qu'on puiſſe l'examiner ſans la moindre difficulté.

194. Faites donc paſſer la tige, ou partie etroite *K* du Barometre, (fig. 41.) par l'anneau mobile, qui eſt en *a x* (fig. 41.) : & faites poſer les deux bouts de ſon petit effieu, ſur les deux entailles angulaires au dedans de cet anneau mobile *a x* ; qui par conſequence fournit une ſuſpenſion tout-à-fait libre, comme celle des bouſſoles de mer : de façon que le poids du reſervoir & du mercure qu'il contient, mettent toujours la tige du Barometre dans le ſens perpendiculaire à l'horizon. (N° 188.)

195. Tournez horizontalement l'anneau mobile *a x*, autant qu'il le faut, pour que le tube du Barometre ſoit entre vous & la lumiere du jour. Enſuite deviſſez peu à peu la tige quarrée de la vis *c*, qui eſt à double pas, en la tournant de la droite à la gauche, par le moyen la clef *a*, ſemblable à celle qui eſt repréſentée par la fig. 21. ; & qui ſe trouve dans la boëte du même inſtrument, couverte par un morceau de cuir. C'eſt au bout de cette vis, que ſe trouve une plaque très mobile, ſur laquelle eſt ſoutenu le ſac de cuir, qui forme le fond du réſervoir, où eſt le mercure. On verra le mechaniſme de ce réſervoir au N° 324, & dans la *figure* 48.

Du Bouchon du Réſervoir.

196. Lorſque cette vis *c* ne peut plus tourner, de la droite à la gauche, ſans la forcer ; tournez alors la rondelle *e e* (fig. 42.) de la gauche à la droite : & le mercure deſcendra dans le petit tube *b* (même fig.). Prenez auſſitôt la clef (fig. 17.) qui ſe trouve auſſi dans la même boëte : mettez-la dans la cheville d'ivoire *n* : & faites-

lui faire un ou deux tours, de la gauche à la droite, pour laiſſer entrer de l'air extérieur dans le petit tuyau *b:* car cette cheville d'ivoire a un petit trou dans le milieu, par le quel ſe fait la communication de l'air extérieur avec le réſervoir, auſſitôt qu'elle fait un tour ou deux de la gauche à la droite.

197. Cette rondelle *e e* (fig. 41 & 42.) eſt une piece nouvelle, que Mr. Blunt inventa, pour obtenir l'avantage que je lui avois indiqué, de pouvoir rétrécir, plus ou moins, le creux du réſervoir, ſelon qu'il y auroit plus ou moins de mercure, qui doive y rentrer, à cauſe de différentes élevations, où l'on aura des obſervations à faire avec le Barometre.

198. Cette circonſtance eſt plus importante qu'on ne le penſe ordinairement: car ſi la vis *c* eſt trop longue, & qu'on la deviſſe en ſorte, que la ſurface du mercure, dans le réſervoir, ſoit au deſſous du bout inferieur du tuyau; l'air extérieur entrera dedans; & l'on ne pourra pas employer le même Barometre, ſans faire bouillir le mercure de nouveau dans ſon tuyau, pour le repurger de tout air; autrement il ne montreroit point la vraie hauteur du mercure, qui correſpondroit à la preſſion de l'atmoſphere. Parceque la grande élaſticité de l'air, les expanſions & contractions très conſidérables, qu'il reçoit par la chaleur & par le froid, ne ceſſeroient pas de rendre fort équivoques, les hauteurs de la colonne mercurielle dans le Barometre.

Il eſt inconvenient de faire rebouillir le Mercure.

199. L'operation de faire bouillir le mercure, comm' il faut, dans le tuyau de verre qui fait la partie eſſentielle de cet inſtrument, demande beaucoup d'attention, des commodités, & du loiſir. [*Voyez* le N° 335, & ſuivans.] Il y en a outre celà, le hazard de faire crever le tuyau par l'action du feu, toutes les fois qu'on manque à le faire échauffer par dégrés fort lentement; ce qui n'eſt pas poſſible de practiquer ſur une montagne, ſans avoir pris beaucoup de précautions & du trouble, que peu du monde veut endurer dans des circonſtances pareilles. Ainſi l'on ne doit point oublier tout ce qui peut contribuer à empêcher des accidens pareils.

200. La capacité interieure, qu'il faut menager à diſcretion, dans le creux du reſervoir des bons Barometres portatifs, peut aller quelquefois au delà d'un demi-pouce en hauteur. Car il faut toujours que ſon tuyau ait un diametre raiſonnablement grand; c'eſt-à-dire, il faut que ſon diametre ait environ deux dixiemes, ou même *un quart* de pouce, pour éviter les effets du frotement du mercure contre la ſurface interieure du tuyau: outre cette circonſtance, il faut que ce tuyau ſoit aſſez long, pour qu'il y reſte un eſpace vuide de quelques pouces, lorſqu'on obſerve dans des endroits les plus bas, comme dans les valées profondes, ou dans les mines, &c.

201. Or on conçoit bien, qu'il y a des obſervations ſur des hautes montagnes, où le tuyau doit reſter vuide au delà de 20 pouces, (N° 228.): & par conſequent, ſi le réſervoir n'eſt que d'environ *un pouce & demi* en diametre, il eſt clair, qu'on aura beſoin de menager un vuide dans le reſervoir, au delà d'un demi-pouce de hauteur. Car, la hauteur des cylindres égaux étant en raiſon inverſe des quarrés de leurs baſes; on voit que $\frac{20\times\overline{,25}^{2}}{\overline{1,5}^{2}}=\frac{20\times,0625}{2,25}=\frac{1,25}{2,25}=,55.$ C'eſt-à-dire, le *quarré* de la baſe 1,5 eſt pour le *quarré* de ,25; comme la hauteur 20, pour la hauteur ,55.

202. Mais cette quantité dans la hauteur du creux du réſervoir, ne doit pas être employée qu'à meſure qu'on en a beſoin, ſelon les circonſtances du lieu, où l'on fait l'obſervation, comme je l'ai remarqué dejà au N° 197. Car autrement on peut, faute de cette precaution, déranger l'inſtrument; & manquer ſon obſervation. Ainſi Mr. Blunt diſpoſa la piece *e e* (fig. 42.) en forme d'un écrou aſſez long, qui peut tourner ſans ſortir de ſa place. En le tournant à la main de la droite à la gauche, on fait monter une groſſe vis, au dedans de laquelle paſſe la vis-à-double pas, qu'on fait deſcendre par la clef *c* (fig. 41 & 42.) en la tournant dans le même ſens: c'eſt-à-dire, en la tournant de la droite à la gauche. Cependant, ſi le diametre *p q* (fig. 48.) du réſervoir de ces Barometres eſt au delà de 2 pouces, il n'y a pas lieu de craindre l'accident dont je viens de parler, même dans les plus hautes montagnes: & par conſequence la ſeule vis *c*, étant aſſez longue, peut ſuffire à ces Barometres.

Maniere d'obſerver le Zero de la Colonne Mercurielle.

203. Auſſitôt que le mercure deſcend dans le petit tuyau *b* (fig. 42.), on abandonne la rondelle *e e*; &, reprenant la clef *c*, on la tourne d'un coté ou de l'autre, juſqu'à ce que la partie convexe du mercure, qui eſt au dedans du petit tuyau *b*, ſoit vue en contact avec la ſection ſuperieure de l'anneau de metal qui le couvre. Il ne faut pas oublier de tourner la Barometre contre la lumiere du jour (Nº 195.) à fin de voir la ſurface du mercure, qui eſt convexe, avec toute la diſtinction poſſible. Il eſt auſſi fort à propòs de donner quelques petits coups avec le doigt dans la boëte *n c* (fig. 41.) du réſervoir, pour aider le mercure à ſurmonter la cohéſion qu'il a avec l'interieur du tube, à fin d'obeïr plus librement à la vraie preſſion de l'atmoſphere.

204. Pour bien faire cette obſervation, il faut toujours mettre l'œil en ſorte, que les deux ſurfaces, antérieure & poſtérieure, de cet anneau, paroiſſent ne faire qu'une ſeule ligne, à fin d'éviter toute parallaxe: & il faut auſſi que, dans le même tems, la ſurface convexe du mercure qui eſt dedans, paroiſſe la toucher, comm' un arc de cercle touche ſa tangente. Cette circonſtance eſt repreſentée par la *fig.* 43: *a a* montre la ſurface ſuperieure de l'anneau de metal, vue en ſorte qu'elle paroit former une ſeule ligne avec l'autre ſurface poſtérieure: & *n c n* repréſente la ſurface convexe du mercure au dedans de ce tuyau, qui touche en *c* la ligne *a a*. Cette ligne eſt proprement le *zero* de l'échelle, qui meſure la colonne mercurielle.

205. Après s'être aſſuré, pendant quelques minutes, que la ſurface du mercure eſt exactement en contact avec la ligne apparente *a a*, on paſſera à meſurer la hauteur de la ſurface ſupérieure *d*, *fig.* 41. du Barometre. Pour le faire, on prend la clef *c*, *fig.* 41.: on la met dans la tige quarrée, près de *a* (même fig. 41.): & on fait mouvoir, par ce moyen, l'anneau ſupérieur, qui embraſſe le tuyau en *d*. Cet anneau ſe trouve par derriere la piece du *Nonius*, repréſentée toute ſeule dans la *figure* 44.

Maniere d'obſerver la Hauteur de la Colonne Mercurielle.

206. On doit appliquer l'œil, comme je l'ai dit ci-deſſus (Nº 204.) en regardant à travers le tuyau contre le jour; car la planche, ou chaſſis du Barometre a une fente par derriere, dans le milieu, qui eſt auſſi longue comme les échelles de metal. On mettra l'œil en ſorte, que la ſurface ſupérieure du mercure paroiſſe toucher la ligne, qui eſt formée par la ſurface antérieure & poſtérieure de l'anneau du Nonius, où le tuyau eſt renfermé de même qu'une tangente touche un cercle, comme je l'ai dit ci-deſſus (Nº 204), en parlant de la ſurface inférieure.

Sur les Echelles des Pouces Anglois & François.

207. L'anneau ſupérieur *d* (fig. 41.) dont je viens de parler, eſt couvert par la piece à couliſſe, qui porte les deux *Nonius*, un de chaque coté. Celui à la droite gliſſe ſur une échelle de pouces François, dont chacune eſt diviſée en 12 lignes, & chaque ligne eſt ſubdiviſée par le *Nonius* en 10 parties: en ſorte qu'on peut connoître, par le moyen de ce *Nonius*, quelle eſt la hauteur de la colonne mercurielle, juſqu'à la 120me partie (10×12=120) du pouce François.

208. L'échelle qui eſt de l'autre coté, à la gauche de l'obſervateur, eſt diviſée en pouces Anglois: chacun en eſt ſubdiviſé en 20mes de pouce: & le *Nonius* ſubdiviſe chaque 20me en 25 parties: ce qui fait voir la hauteur de la colonne de mercure, juſqu'a la 500me partie d'*un* pouce Anglois (20×25=500). Mais le *Nonius* étant numéroté à double, pour la commodité du calcul: c'eſt-à-dire, les premieres 5 diviſions étant marquées 10; les 20 étant marquées 40; & les 25 étant marquées 50; alors chaque diviſion eſt comptée par deux milliemes de pouce: ce qui revient au même; car chaque $\frac{1}{500}$ eſt la même choſe que $\frac{2}{1000}$ de pouce.

Poſition du Nonius.

209. Lorſque la ligne *e e* du *Nonius* (fig. 44.) coincide avec celle de l'anneau qui eſt par derriere; alors les hauteurs ſenſibles de la colonne du mercure, ſont montrées exactement par le *Nonius*, ſur chacune des deux échelles; c'eſt-à-dire, en pouces & leurs parties reſpectives.

tives du *pied François*, ou du *pied Anglois*. Ce ſera cependant ſur cette derniere meſure (l'*Angloiſe*), que je donnerai tantôt les regles pour calculer les hauteurs des montagnes, ou d'autres endroits quelsconque, d'après celles du Barometre.

210. En adoptant la meſure du *pied Anglois*, par préférence à celle du *pied François*, je rends juſtice aux travaux extraordinaires que différens Savans d'Angleterre ont entrepris ſur cet objet, pour découvrir la vraie loi, qu'on peut adopter avec certitude dans ce genre d'obſervations, à fin determiner les hauteurs reſpectives de différens endroits, par celles du Barometre. D'ailleurs la ſubdiviſion du *pouce François* en 12 *lignes*, eſt bien moins commode pour le calcul, que celle de la diviſion décimale du *pouce Anglois*.

211. Il ſeroit fort à ſouhaiter, qu'on adoptat, tout par tout, les diviſions décimales; c'eſt-à-dire, qu'on ſubdiviſat en parties décimales toute ſorte de meſures pour les grandeurs étendues & numéraires, tant geometriques que civiles. Ceci faciliteroit infiniment le calcul des mêmes meſures; & de leurs reductions, à celles des autres pays. Il eſt fort remarquable, que l'Arithmétique des Arabes, dont le ſyſtême eſt purement décimal, ſoit adoptée dans preſque toutes les Nations policées du monde, ſans qu'aucune ſe ſoit aviſée de s'y conformer pour la ſubdiviſion de leurs meſures particuliéres, tant linéaires que cubiques. Mais la race humaine n'eſt que trop inconſéquente & capricieuſe, pour s'en attendre rien de bien regulier & convenable; lors même qu'il s'agit de ſon propre interêt.

212. Quoique je ne parlerai dans ce Traité que des *pouces Anglois*: & que les *lignes* & *pouces François*, qui leur correſpondent, ſoient également indiquées, ſur la même échelle de ces Barometres, par la ſeule piece qui porte les deux *Nonius* (N° 207.): je donnerai cependant ici la methode génerale pour réduire les uns dans les autres, avec très peu de trouble, par le moyen des *Tables Décimales* ſuivantes. Ces Tables ſont formées, ſur la proportion établie d'après l'examen eſcrupuleux, que feu Mr. Bird fit des deux meſures; en comparant le pied de l'*étalon François*, fixé derniérement par Ordre du Roi de France en 1766 (*Aſtronomie* de M. de la Lande, N° 2637), avec le vrai *pied Anglois*, dont le même célébre artiſte avoit rétabli, ou, pour mieux dire, refait l'*étalon original*, qui ſe trouve dans l'Echiquier à Londres. La vraie proportion entre les deux pieds fut trouvée,

comme le nombre 106,575 pour 100,000: de façon que 100,000 *pieds François* ſont égaux préciſement à 106,575 *pieds Anglois.*

Tables Décimales pour réduire les Meſures Angloiſes *en* Meſures Françoiſes.

213. TABLE 1re. A.

Pouces Anglois.	Pouces François.
1	,938306
2	1,876612
3	2,814918
4	3,753224
5	4,691530
6	5,629836
7	6,568142
8	7,506448
9	8,444754

214. TABLE 2de. *B.*

Dixiemes du Pouce Angl.	Lignes du Pouce François.
,1	1,125967
,2	2,251934
,3	3,377901
,4	4,503868
,5	5,629835
,6	6,755802
,7	7,881769
,8	9,007736
,9	10,133703

Tables Décimales pour réduire les Meſures Françoiſes *en* Meſures Angloiſes.

215. TABLE 3me. *C.*

Pouces François.	Pouces Anglois.
1	1,06575
2	2,13150
3	3,19725
4	4,26300
5	5,32875
6	6,39450
7	7,46025
8	8,52600
9	9,59175

216. TABLE 4me. D.

Lignes Françoiſes.	Parties décimales du Pouce Angl.
1	,0888125
2	,1776250
3	,2664375
4	,3552500
5	,4440625
6	,5328750
7	,6216875
8	,7105000
9	,7993125

217. Ces Tables peuvent ſervir également pour réduire les autres *meſures Angloiſes* en *meſures Françoiſes*; & au contraire, ces *dernieres* en *meſures Angloiſes*, ſoit des pieds, ou des toiſes, comm' on va le voir dans les exemples ſuivans. En voici la methode.

Régle pour employer ces Tables.

218. Lorſqu'on veut reduire les *pouces Anglois* en *pouces François*; ou au contraire, ceux-ci dans les prémieres, il faut

1mo, Ecrire chaque chiffre ſéparement, ſelon ſon rang, dans des *lignes* différentes, l'une au deſſous de l'autre.

Et 2do, il faut prendre dans la Table 1re, le nombre correſpondant à celui de chaque *ligne:* ayant ſoin d'avancer la *virgule* des décimales, d'autant de places, à la *droite* ou à la *gauche*, comm' il y en a *avant*, ou *après*, les *unités* de chaque *ligne* du nombre propoſé: & la ſomme donnera le nombre de *pouces Françoiſes*.

EXEMPLE 1er.

219. L'on veut ſavoir la valeur de 29,756 *pouces Anglois*, en *pouces François?* ou même en *lignes Françoiſes?* Dans le premier cas, il faut employer la Table A: & dans le ſecond cas, on employe la Table B. En voici l'opération ſelon la régle ci-deſſus.

Pouc. Angl.		Par la Table 1re.		Par la Table 2de.
20,000	- -	18,76612	- -	225,1934
9,000	- -	8,44475	- -	101,3370
,700	- -	,65681	- -	7,8817
,050	- -	,04691	- -	,5629
,006	- -	,00562	- -	,0675
		11,2331		12,322

29,756 *P. Angl.* = 27,92021 *P. Franç.* = 335,0425 Lignes Fran.

220. *N. B.* 1°. On peut réduire également les *pieds Anglois* en *pieds François* par la même Table 1re: & ſi l'on employe la Table 2de, on aura le nombre des *pouces François*, qui leur correſpondent; par exemple, 29,756 *pieds Anglois*, font 27,920 *pieds François*, ou 335,042 *pouces François*.

221. *N. B.* 2do. La même Table 1re ſert auſſi pour réduire les *toiſes Angloiſes* [fathoms] en *toiſes Françoiſes*; par exemple, 29,756 *toiſes Angloiſes* font 27,92022 *toiſes Françoiſes*. Ce nombre multiplié par 6, fait 167,52126 *pieds François*; la fraction ,52126 multipliée par 12, fait 6,25512 *pouces François:* & la fraction ,25512 multipliée par 12, fait 3,06144 *lignes Françoiſes*. Ainſi l'on trouve que 29,756 *toiſes Angloiſes* ne font que 27 *toiſes Françoiſes*, & 92022 *dixiemes:* ou plus exactement 167 *pieds François*, 6 *pouces*, 3 *lignes Françoiſes*, & la petite fraction de 61 *milliemes* de *ligne*.

EXEMPLE 2d.

222. Pour réduire les meſures *Françoiſes* en meſures *Angloiſes*, on employera les Tables 3me & 4me, par la même methode de l'exemple premier. Suppoſons qu'on a 27 pouces, 11 lignes, & ,042 *décimales* de *ligne*, pour être réduits en *pouces* d'Angleterre?

Operation.	20,000	- -	21,3150	par la Table 3me.
	7,000	- -	7,4602	
	10,000	- -	,8881	par la Table 4me.
	1,000	- -	,0888	
	,040	- -	,0035	
	,002	- -	,0002	
			1,221	
			29,7558	*Pouces Anglois.*

223. *N. B.* 1°. Si au lieu de 27 *pouces*, 11 *lignes*, on avoit ſimplement 27,9202 *pouces François* à réduire en *pouces Anglois*; il faudroit employer la Table 3me: & le reſultat ſeroit auſſi exact.

Operation.	20,0000	- -	21,3150	par la Table 3me.
	7,0000	- -	7,4602	
	,9000	- -	,9592*	
	,0200	- -	,0213	
	,0002	- -	,0002	
			1,110	
	27,9202 *Pou. Fr.*	font	29,7559	*Pouces Anglois.*

---

* *On verra dans le* N° 287 A. *pourquoi l'on a pris* ,9592; *au lieu de* ,9591, *qui eſt le nombre de la Table troiſieme.*

224. *N. B.* 2°. Si l'on auroit 27,92 *pieds François*, ou 27 pieds, 11 pouces, on employeroit également les Tables 3^{me} & 4^{me}, ou encore mieux la Table 3^{me} toute ſeule, qui donneroit 29 pieds & la fraction ,7556; la quelle multipliée par 12, donneroit 9,067, c'eſt-à-dire, 9 *pouces*, & 67 *milliemes* de pouce Anglois.

225. *N. B.* 3°. Si l'on avoit des *toiſes Françoiſes* pour réduire en *toiſes* [fathoms] *d'Angleterre*, le nombre 29 ſeroit celui de *toiſes* [fathoms] *Angloiſes* qui leur correſpondent: la fraction ,7556 multipliée par 6, donneroit 4,5336 pieds de plus. Cette derniere fraction 5336 multipliée par 12, donneroit 6,403: c'eſt-à-dire, 6 *pouces*, 4 *dixiemes*, & 3 *milliemes* de pouce. Ainſi le total ſeroit 29 *fathoms*, 4 *pieds*, 6 *pouces*, & 403 *milliemes* de *pouce Anglois*.

Sur la Longueur de l'Echelle du Barometre.

226. L'échelle des Barometres de cette eſpece, qu'on employe ordinairement dans les obſervations ſur des montagnes, n'a qu'environ 12 pouces Anglois: c'eſt-à-dire, les colonnes du mercure qu'on y peut obſerver, ſont depuis 19 juſqu'à 31 pouces & un quart, ce qui doit ſuffire pour les obſervations ordinaires. Car la hauteur du Barometre au niveau de la mer, n'eſt que de 30,04 pouces, hauteur moyenne qu'on a déduite de 132 obſervations, faites ſur le bord de la mer en Italie & en Angleterre. Voyez les *Tranſact. Philoſ.* vol. lxvii. N° 39. p. 586.

227. Ainſi la colonne de mercure de 31,25 correſpond à une profondeur de 171 *toiſes Angloiſes* [fathoms] & *demie*, ou 1029 pieds d'Angleterre, au deſſous du niveau de la mer: & celle de 19 pouces correſpond à une hauteur de 1989,46 toiſes Angloiſes, ou 1193,76 pieds au deſſus du même niveau; lorſque la temperature moyenne de l'atmoſphere ſe trouve à 31,24° de Fahrenheit (N° 277.) Le mont Ætna ſelon la meſure de M. de Sauſſure, n'a que 10954 pieds (*Phil. Tranſ.* vol. lxvii. p. 595.): & par conſéquent le barometre n'y doit deſcendre (ſuppoſant la même temperature) que ſeulement juſqu'à 19,73 pouces.

228. Mais on trouve en Europe le mont Roza entre les Alpes, dont la hauteur priſe geometriquement par le fameux P. Beccaria de

Turin, eſt 2514 *toiſes Angloiſes* (Phil. Tranſ. vol. ci-deſſus); le Barometre y doit deſcendre à 16,839 pouces: & le Mont Blanc entre les Glacieres de la Suiſſe, dont la hauteur priſe de même, eſt 2610,3 *toiſes Angloiſes*, (mêmes Tranſ. Philoſ.); ainſi le Barometre y doit ſe trouver à 16,47 pouces Angloiſes. Celle-ci eſt reputée la plus haute montagne de l'Europe, Afrique, & Aſie. Cependant, ſelon M. de la Lande (N° 2695 de ſon *Aſtronomie*) la montagne, nommée *Chimboraço*, dans le Peru, a 3217 *toiſes Françoiſes* en hauteur, ce qui fait 3428 toiſes & demie Angloiſes. Si cette meſure eſt au deſſus du niveau de la mer, & bien exactement priſe (voyez le vol. lxviii. des Tranſ. Philoſ. N° 32, p. 686.); le mercure dans le Barometre y doit avoir deſcendu juſqu'à 13,641 *pouces Anglois*, dans une temperature de 31,24 de Fahrenheit, comm' on peut le calculer par la régle du N° 275.

Mechaniſme pour pouvoir employer des Echelles plus longues.

229. Ce fut d'après ces conſiderations, que je pris la réſolution de faire mettre à quelques uns des Barometres ordonnés par la Cour d'Eſpagne, qui peut-être ſeront envoyés dans l'Amerique Eſpagnole, des échelles qui puiſſent meſurer les plus grandes hauteurs, en leur donnant la longueur depuis 13 juſqu'à 32 pouces.

230. Pour avoir la premiere, c'eſt-à-dire, celle de 13 pouces Anglois, on ſera obligé de ſe trouver elevé au deſſus du niveau de la mer 3637,57 *toiſes* [fathoms] *Angloiſes*: & pour obſerver la ſeconde, c'eſt-à-dire, 32 pouces dans le Barometre, il faudra deſcendre à une profondeur de 1647 *pieds Anglois*, lorſque l'atmoſphere ſe trouve au 31,24 degré de Fahrenheit; ou de 1770,1 pieds, lorſque la temperature moyenne de l'air eſt celle de 62 degrés du même Thermometre, (voyez le N° 301.). Ces deux extremités ſont ſi éloignées de la poſition ordinaire relativement à la ſurface du globe, que peut-être on n'y fera jamais aucune des obſervations de ce genre.

231. J'ai trouvé neanmoins deux difficultés pour faire exécuter ces inſtrumens avec des échelles auſſi longues. L'une conſiſtoit dans la longueur de la régle dentelée qui porte le *Nonius* d (fig. 41.) avec l'anneau au dedans, & qui pour lors ne pourroit pas deſcendre ſi bas. L'autre difficulté étoit l'impoſſibilité d'obſerver la coincidence

du *Nonius* avec les diviſions de l'échelle, lorſqu'il ſe trouveroit au dedans de la tête *a x* du ſuſpenſoir.

232. Pour ſurmonter cette derniere difficulté, j'ai fait mettre un ſecond eſſieu près de *g* (même fig. 41.), pour l'y ſuſpendre, lorſque cette partie de l'échelle doit reſter à découvert: & pour obvier la prémiere difficulté, j'ai fait mettre le pignon, marqué par *a* (dans la même fig. 41.) ſur la partie ſupérieure de la piece du *Nonius:* & la régle dentelée, où il doit agir, je l'ai fait river au dedans de la même planche de l'échelle: de façon qu'en tournant, avec la clef *a* (fig. 41.) la tige quarrée de ce pignon du *Nonius*, la piece du *Nonius* parcourt toute la longueur de l'échelle.

Sur la Temperature du Mercure du Barometre.

233. Avant de faire l'obſervation du Barometre ſur une montagne ou dans quelqu' autre endroit, il faut toujours laiſſer reſter l'inſtrument aſſez du tems, par exemple, *une heure* ou *3 quarts*, après l'avoir preparé, comm' il eſt dit au N° 203. Parcequ'il faut connoître quelle eſt le degré d'expanſion, où ſe trouve le mercure: ce qui depend du degré de la chaleur ou du froid actuel de l'atmoſphere. Sans cette circonſtance, on ne pourra jamais decider rien par ces obſervations. Car la même preſſion eſt montrée toujours par une colonne plus grande, ou plus petite, ſelon la *peſanteur ſpecifique* du mercure: & celle-ci change toujours ſelon le degré de la *chaleur* ou du *froid*, qui le font *rarefier* ou *condenſer* proportionéllement; comm' on le voit dans les Thermometres, dont la conſtruction depend entiérement de ce ſeul principe.

Sur la Temperature de l'Atmoſphere.

234. Par le même raiſonnement on ſera convaincû, que les différents degrés de la chaleur doivent rarefier plus ou moins l'air de l'atmoſphere; & qu'il faut connoître auſſi le degré de cette chaleur, pour juger de la rarefaction actuelle de l'air, & par conſequence de la longueur de la colonne de cet air, qui agit, par ſa peſanteur, ſur le mercure du Barometre, en le faiſant monter à la hauteur, où il y eſt ſoutenu par ſa preſſion. Pour ſe former une idée plus ſimple de ce qui fait l'objet de ces recherches, il n'y a qu'à conſiderer la *figure* 46.

235

235. Soit *b c c b* (fig. 46.) une montagne, dont l'on veuille connoître la hauteur par des obſervations barometriques. Tout le monde ſçait, que la hauteur de la colonne mercurielle, dans le Barometre, depend abſolument de la preſſion ou gravitation de l'atmoſphere, que je repreſenterai ici par la colonne *K b*, & que je ſuppoſerai d'un fluide uniforme. Si l'on diviſe cette colonne *K b* en 6 portions égales, & l'on diviſe de même la petite colonne *m n* du Barometre en 6 parties: il eſt évident, que ſi l'on monte avec cet inſtrument à la hauteur *g g* de la montagne; le mercure n'y doit monter plus de 5 de ces petites diviſions; parcequ'il n'y a plus que 5 portions de l'atmoſphere 1 *K* qui y preſſent. Si l'on monte à l'hauteur *f f*, la colonne du Barometre y ſera ſeulement de 4 portions, par la même raiſon; & ſi l'on monte à la cime *c c* de la montagne, la petite colonne du mercure dans le Barometre, ne ſera plus grande que la *ſixieme* partie, ou portion, de la longueur totale *m n*, qu'il y avoit dans la premiere eſtation *b b*; parcequ'il n'y a que la ſeule quantité *K* 5 de l'atmoſphere qui y preſſe alors ſur la mercure de ce Barometre.

Qu'il faut employer deux Barometres à la fois; & deux Thermometres avec chaque Barometre.

236. Or, puiſque les preſſions de l'atmoſphere ſont variables, c'eſt-à-dire, plus peſantes, ou ſi l'on veut plus preſſantes dans un tems, que dans un autre; il eſt évident, que pour atteindre au but qu'on ſe propoſe, il faut avoir des obſervations correſpondentes, faites avec un bon Barometre, dans le plaine *b b*; tandis qu'on fait, à la même heure & minute, l'autre obſervation avec le ſecond Barometre pareil, dans la cime de la montagne; ainſi, il faut avoir deux Barometres de concert pour cet objet.

237. De même, il faut avoir un Thermometre, qui ſoit à la même temperature du mercure, qui eſt dans le tube du Barometre; parceque ſi, par exemple, le Barometre dans le ſommet *c c* de la montagne, étoit plus condenſé *d'un vingtieme* par le froid, que celui du Barometre dans la plaine *b b*; ſa colonne ſeroit auſſi plus courte *d'un vingtieme*, qu'elle ne le ſeroit, s'il étoit à la même temperature. J'appellerai deſormais ce Thermometre, qui eſt repreſenté par *g b* (fig. 41 & 42) *Thermometre attaché*.

238. Enfin, il faut avoir de plus un *ſecond Thermometre*, ſemblable au premier, avec chaque Barometre; mais, qui en ſoit tout-à-fait

détaché; pour l'expoſer ſeparement aux impreſſions de l'air: à fin d'examiner la temperature de l'atmoſphere, dans l'endroit, où l'on fait chacune de ces obſervations. Parceque l'autre Thermometre *attaché* devant etre renfermé, pour la plupart, dans le corps du chaſſis de l'inſtrument, comme je le dirai tantôt (N° 241.); il ne peut pas montrer exactement la temperature de l'air libre, où l'on fait chacune de ces obſervations. Pour diſtinguer ce Thermometre du premier, je l'appellerai toujours Thermometre *detaché*.

239. On concevra aiſément la neceſſité de ce ſecond Thermometre, ſi l'on conſidere que l'expanſion cauſée par la chaleur dans la colonne de l'atmoſphere, doit la faire devenir plus haute, quoiqu'en effet du même poids; c'eſt-à-dire, ſi au lieu d'avoir la hauteur *K b* (fig. 46.), l'atmoſphere avoit, par l'effet de ſon expanſion, la hauteur *x a*: dans ce cas, la même colonne de 5 portions, ou parties du Barometre qui correſpondoient à l'hauteur *g g* dans le premier cas, ne correſponderont alors qu'à la preſſion faite à la hauteur de la ligne pointée, qui eſt au deſſus de *g g*; parceque c'eſt celle-ci qui fait la ſixieme partie de la longueur totale de la colonne *x a* de l'atmoſphere; & ainſi deſuite juſqu'à l'hauteur *c c* du ſommet de la montagne; de façon, que ſelon cette ſuppoſition, il y aura à l'hauteur *c c*, une erreur de preſque un ſixieme en moins; c'eſt-à-dire, la colonne du mercure dans le Barometre, ſur le ſommet *c c*, montrera la même preſſion à peu de choſe près, qu'elle montreroit dans la premiere temperature de l'air, lorſqu'on l'avoit obſervé à l'hauteur *d d*, comm' il paroit par la ſimple inſpection de cette figure 46.

240. A peine eſt-il neceſſaire d'avertir que ces deux Thermometres doivent être faits avec du *mercure*, & non pas avec de l'*eſprit de vin*. Car on a démontré, depuis long-tems, qu'on ne peut compter jamais ſur l'exactitude de ces derniers. Neanmoins, il eſt aſſez étrange que les Thermometres à *eſprit de vin* trouvent encore des partiſans par-ci par-là. Telle eſt la contradiction de la foibleſſe, & de l'obſtination de l'eſprit humain.

Deſcription de ces Thermometres.

241. Le premier Thermometre *g b* (fig. 42) dont je viens de parler au N° 237; eſt toujours *attaché* au corps du Barometre. Il y a

un couvercle (*fig.* 45.) qui le garantit contre tout accident. On l'ôte, en deviſſant la vis *a* : & l'on peut le viſſer par derriere du même endroit, pour compléter l'équilibre du corps de l'inſtrument. Ce Thermometre eſt tout près du tuyau du Barometre ; & n'eſt plus expoſé que lui, aux impreſſions de l'air extérieur ; ayant ſon petit réſervoir, c'eſt-à-dire, ſa propre boule, enfoncée dans le bois, par deſſous la plaque de ſa baſe. Ceux, qui laiſſent ce Thermometre tout-à-fait à découvert, n'ont jamais montré le moindre avantage dans leur pratique. *Voyez le* N° 34, *page* 359, *du vol.* lxvii. *des* Tranſact. Philoſ.

242. Le bout de la tige des Thermometres, tel que *g* (fig. 42.) doit être plié à angle droit en arrière, & paſſer par le trou, qui eſt vis à-vis dans la plaque de l'échelle, à fin de l'y raffermir. Parceque l'expanſion ou la contraction du verre agit alors dans le même ſens que celle du metal : & l'erreur n'affecte pas tant la graduation du Thermometre. Un autre avantage de cette conſtruction eſt, que la boule du Thermometre peut reſter libre, ſans toucher la cavité qui la reçoit dans la plaque du metal, où ſon échelle eſt gravée. Par ce moyen, le Thermometre n'eſt pas affecté par la temperature du metal de l'échelle, qui eſt ſouvent aſſez différente de celle de l'air, ou du fluide environnant, dont l'on veut obſerver la vraie temperature. Cette conſtruction eſt également eſſentielle au Thermometre *detaché*, dont je viens de parler au N° 238 : & ſa boule doit être tout-à-fait découverte.

243. Les degrés du Thermometre *g b* (fig. 42.) ſont marqués ſur deux échelles, une de chaque côté : ſavoir celle de Reaumur, que les François employent pour la plupart ; & l'autre de Fahrenheit, qui a été adopté depuis fort long tems par les Anglois, & par pluſieurs autres Savans. La premiere a le *zero* dans le même endroit de la tige, où le mercure, qui eſt dedans, s'arrête, lorſqu'il eſt plongé dans la *glace* qui commence à être fondue : & le degré eſt 80 à l'endroit de la même tige, où le mercure s'arrête par la chaleur de l'eau bouillante, tandis qu'il y eſt plongé.

244. Mais dans l'échelle de Fahrenheit, on trouve le froid de la *glace* qui commence à être fondue, marqué par le degré 32 : & par le degré 212, la chaleur & l'eau bouillante, lorſque la peſanteur de l'atmoſphere eſt égale à une colonne de mercure de la longueur de 30 pouces d'Angleterre. Car on ſçait, que le degré de la chaleur de l'*eau bouillante* change ſenſiblement, à meſure que l'atmoſphere eſt plus peſante;

ſante. Quelques uns ont crû rafiner là-deſsùs, en fixant la hauteur du Barometre à 29,8, pour determiner le point de l'*eau bouillante* dans les Thermometres. Mais la raiſon qu'ils ont donnée pour cette innovation, ne vaut pas la peine d'y penſer. *Tranſact. Phil.* vol. lxvii. N° 37, page 832.

Avantages de l'Echelle de Fahrenheit.

245. On voit donc qu'il y a 180° (=212°—32°) dans l'échelle de Fahrenheit, dès la *glace fondante* à l'*eau* qui *bout*; tandis qu'il n'y a plus de 80° entre les mêmes termes dans l'échelle de Reaumur; ainſi cette dernière ne montre point, ſans fraction, des variétés auſſi petites de la temperature, comme l'échelle de Fahrenheit, dont chaque degré eſt *deux fois & un quart* plus petit que chacun de Reamur; parceque $\frac{180^\circ}{80}=2,25$. Il y a en effet des expériences délicates dans la phyſique, où l'on a béſoin de pouſſer l'examen de la temperature juſqu'à des gradations encore bien plus petites: & je parlerai, au N° 378 & *ſuivants*, de la conſtruction des Thermometres que j'ai appropriés pour cette eſpece d'obſervations. Il y a cependant des occaſions, où celles qu'on fait relativement au Barometre, devroient être pouſſées juſqu'à des *dixiemes* des *degrés* de *Fahrenheit*, dont chacun vaut 44 *milliemes* d'un *degré* de *Reaumur*. *Voyez le* N°. 315, *vers la fin de ce* Traité. Un autre avantage de l'échelle de *Fahrenheit*, eſt qu'on n'a pas béſoin d'en nommer que le *degré*, pour s'entendre (excepté dans quelqu' expérience très rare): au lieu qu'il eſt eſſentiel d'exprimer toujours, en parlant des degrés de Reaumur, s'ils ſont au-*deſſùs*, ou au-*deſſous* de la *glace*.

Sur la Reduction de ces deux Echelles, & ſur le Froid extraordinaire en Angleterre.

246. Ces deux échelles étant à coté l'une de l'autre, n'ont béſoin que ſimplement d'un coup d'œil, pour voir le degré, où ſe trouve dans chacune, la temperature actuelle; ſans avoir béſoin du moindre calcul pour en faire la reduction. Mais lorſque ces échelles ſont ſéparées, voici la manière de les réduire reciproquement. Si, par exemple, on veut réduire 59° de Fahrenheit en ceux de Reaumur; on en ôte 32°: on diviſe le reſte 27 par 2,25, c'eſt-à-dire, par *deux* & un *quart*; & le quotient montre qu'ils ſont exactement 12 degrés de Reaumur

au-*deſſus* de la glace. Mais 23° de Fahrenheit ne ſont que 4° au-deſſous de la glace dans l'échelle de Reaumur, parceque $23-32=-9$, & $-\frac{9}{2,25}=4^\circ$.

247. Au contraire, le 20° de Reaumur, au-*deſſus* de la glace, ſont 77° de Fahrenheit; parceque $20\times 2,25=45$: & $45+32^\circ=77$. Mais 4° de Reaumur, au-deſſous de la glace, ſont 23° de Fahrenheit; parceque $4\times 2,25=9^\circ$: & $32-9=23^\circ$. Enfin 16 de Reaumur au-deſſous de la glace, ſont 4° au-deſſous du *zero* de Fahrenheit: parceque $16\times 2,25=36$: & $32-36=-4^\circ$, au-deſſous du *zero* de cette échelle; ce qui en effet eſt un degré extreme de froid, même pour le climat d'Angleterre, où le froid le plus grand, dont on a quelque mémoire, fut obſervé à Chatam en 1776, par M. Simmons, chirurgien, qui trouva le Thermometre expoſé à l'air dans ſon jardin, à 3½ degrés au-deſſous du *zero* de Fahrenheit, vers les 6 heures du matin, dans le 30^{me} de Janvier, & dans les deux jours ſuivans de la dite année.

Sur l' Ajuſtement des deux Barometres.

248. J'ai dejà montré (N° 236.) la néceſſité d'avoir deux bons Barometres, pour faire des obſervations correſpondentes avec un dans la plaine, tandis qu'on obſerve avec l'autre, à la même *heure & minute* ſur la cime de la montagne, ou dans le fond de la mine, dont on veut explorer la hauteur, ou la profondeur reſpective. Mais il arrive ſouvent que les deux Barometres ne montrent point une même hauteur de la colonne mercurielle, quoique mis l'un à coté de l'autre; ce qui provient des petites circonſtances, quelquefois inconcevables de leur conſtruction.

249. C'eſt pour éviter, dans la ſuite, l'embarras de la reduction, ou correction de leurs reſultats, qu'on garnit la piece du' *Nonius* avec les deux vis *z z* (fig. 44.) Ces vis tiennent à une couliſſe interieure, de façon, qu'en les relachant un peu, on peut la faire monter ou déſcendre, autant qu'il eſt néceſſaire, pour que le *Nonius* marque préciſement, ſur ſon échelle, le même degré de l'autre Barometre; tandis que le mercure eſt en contact avec l'anneau, qui renferme le tuyau, & ſur le quel cette couliſſe eſt arretée par les vis *z z*. Car en les ſerrant de nouveau, cette couliſſe marchera toujours, dans la ſuite, à la même

diſtance, où elle a été ajuſtée à l'égard du *Nonius*. C'eſt ſur la piece du *Nonius* du Barometre qui eſt le plus bas, qu'on fait ordinairement cet ajuſtement.

250. Si l'on veut remettre dans la ſuite le *Nonius*, en coincidence avec l'anneau qui environe le tuyau, en ſorte, qu'il montre la méſure exacte de la hauteur du mercure; l'opération eſt préciſement comme celle, qu'on vient d'indiquer dans le Nombre précedent. Cependant en voici le détail.

251. On commence par mettre l'anneau qui eſt au-deſſous du *Nonius* ſur la partie vuide du tuyau, moyennant la clef *a* (fig. 41): on deviſſe un peu les deux petites vis *z z*, qui ſerrent la piece du *Nonius* ſur celle de l'anneau: & on la gliſſe en ſorte, que les deux coins *d d* de la ligne *c c* (fig. 44.) paroiſſent en coincidence avec la ligne droite, formée par les deux ſurfaces inférieures du tuyau, lorſqu'on met l'œil ſans parallaxe; c'eſt-à-dire, en ſorte, que les deux ſurfaces antérieure & poſtérieure de ce tuyau, ne paroiſſent faire qu'une ſeule ligne droite *c c*. Après celà on ſerre les deux petites vis *z z*, pour faire tenir les deux pieces enſemble.

Methode practique des Obſervations.

252. Après avoir remarqué tout ce que j'ai crû néceſſaire pour l'intelligence de la conſtruction & maniement du Barometre, & des pieces appartenantes qu'il faut employer avec lui, je paſſerai à la pratique des obſervations, en reprennant le Barometre dans la ſituation que j'ai décrite au N°. 192. Auſſitôt qu'on ſera arrivé à la hauteur où l'on veut faire l'obſervation, on préparera les inſtrumens comm' il eſt dit ci-deſsûs, au N° 192; & tandis que le Barometre prend une temperature égale (N° 233.), on attendera le moment, qu'on eſt convenu d'avance, avec l'obſervateur qui doit obſerver dans la plaine. On fait alors la prémiere obſervation; examinant auparavant, ſi le mercure eſt préciſement au *zero* du petit tuyau *b* (fig. 42.). On examine l'anneau du *Nonius d* (fig. 41.): & on écrit, du moins avec le craion, ſur le papier, les *pouces*, *dixièmes*, *centièmes*, & *millièmes* de pouce, que le Nonius montre dans l'*échelle Angloiſe*. On remue immediatement, avec la clef, la vis *c*; auſſi bien que le pignon de la tige *a* (fig. 41.): & on repete la même obſervation, qu'on écrit au-deſſous de la prémiere.

253. On doit répeter la même obſervation 3 ou 4 fois ; parcequ'il y a des petits défauts, qui ſe gliſſent dans les obſervations ; dont on obtient par cette méthode la correction, en prenant la moyene de toutes, comm' on le dira au N° 255. Il faut auſſi, que chaque ſuite de ces obſervations ſoit répétée, du moins 3 fois dans le même endroit, & à la même heure, qu'on ſera convenu avec celui qui obſerve, avec le ſecond Barometre, dont j'ai parlé au N° 236.

254. Pour bien remplir cette circonſtance, on fait l'accord d'obſerver avec le ſecond barometre dans la plaine à chaque *demi-heure*, ou à chaque *quart d'heure*. De façon, que les deux obſervateurs font, chacun de ſon côté, leurs obſervations, au même moment, ſelon que leurs montres l'indiquent reſpectivement à chacun. L'eſpace de deux heures, ou moins encore, qu'on ſoit dans la cime de la montagne, ſuffit pour avoir du moins une *douzaine* d'obſervations en trois ſuites, avec l'intervale d'une demi-heure entre chaque ſuite, qui ſeront dans le même tems correſpondentes à celles, qu'on fait dans la même minute, avec l'autre Barometre, dans la plaine.

255. Lorſqu'on obtient les deux ſuites d'obſervations barometriques, faites à la même *heure*, & à la même *minute*, s'il eſt poſſible, tant au ſomet de la montagne, que dans la plaine ; il faut prendre la moyene de chaque ſuite d'obſervations ſéparement : c'eſt-à-dire, on ſomme celles de chacune, & en les diviſant par leur nombre, le quotient en eſt la moyene. En faiſant la même opération avec chaque ſuite, on obtient les deux moyenes ; à ſavoir une *moyene* des obſervations faites dans le ſommet de la montagne ; & une *autre* de celles qui leur correſpondent, faites dans la plaine. Enſuite, il faut en corriger chacune, de la variation cauſée dans le mercure, par les différents degrês de la temperature de chacun des Barometres (N° 237) ; en les reduiſant, tous deux, au *même degré* : ou, ce qui eſt plus intelligible, on les réduira, tous deux, à l'état où ils devroient ſe trouver dans la *temperature moyene* de 55 *degrés* de Fahrenheit.

256. La temperature moyene, dont je viens de parler, ſera déſormais le terme, ou le point de ſéparation, entre la *chaleur* & le froid : ce terme correſpond, comme je l'ai dit, à 55° de l'échelle de Fahrenheit : de ſorte qu'en parlant d'une obſervation faite, par exemple, à trois degrés de *chaleur* : cela ſignifie, que la temperature étoit à 58° de Fahrenheit (=55+3). Une autre obſervation faite, par exemple, à

douze degrés de *chaleur*, ſignifie, que la temperature étoit à 67° de Fahrenheit (=55+12) : & une autre obſervation faite, par exemple, à trois degrés de *froid :* celà veut dire, dans une temperature de 52° de la même échelle (=55—3). Car, en effet, il n'y a rien de plus naturel, ni de plus court, que d'indiquer ſimplement l'expreſſion de la *temperature*, ſelon les idées plus communes de nos ſenſations, dans les climats de l'Europe.

Sur l'Echelle de Correction à Coté de celle du Thermometre.

257. On a mis, pour faire la correction du N° précédent (255.) une troiſième échelle dans le Thermometre *g b* (fig. 42.), à coté de ſes degrés. On l'appelle *échelle de correction* ; & c'eſt l'extérieure à la droite de l'obſervateur. Le *zero* degré de cette échelle eſt le terme de la *temperature moyene*, vis-à-vis le 55^{me} degré de Fahrenheit, qui correſpond au *degré* 10,2 de Reaumur. Ainſi toutes les fois que le Thermometre *g b* ſera à 55 *degrés*, il n'y faudra point de *réduction* ; pourvu que le Barometre ſoit à la hauteur de 30 pouces. *Voyez le* N° 261. *ci-deſſous.*

258. Mais ſi le Thermometre *g b* montre des degrés au-*deſſous* de 55° ; & que le Barometre ſe trouve à 30 pouces, ou à très peu de choſe près ; alors il faut *ajouter* à la hauteur du Barometre, les centièmes de pouce qui ſe trouvent, dans cette échelle, vis-à-vis ce degré du Thermometre : au contraire, il faut en *rétrancher* cette quantité, ſi la temperature eſt au-*deſſus* de la moyenne de 55° ; pourvû toujours que la hauteur du même Barometre ſoit à 30 pouces Anglois, ou à très peu de différence près. La ſimple inſpection de la *fig.* 50. ſuffit pour comprendre l'uſage de cette échelle ſans aucune autre explication.

259. Mais lorſque la hauteur du Barometre eſt éloignée de 30 pouces Anglois, il eſt néceſſaire d'employer la *regle de trois*, pour connoitre la vraie correction qu'il y faut faire. Si la hauteur du Barometre eſt, par exemple, à 24 pouces, qui j'appellerai *P*, & qu'on appelle *C*, la correction indiquée par l'échelle du Thermometre attaché *g b* (fig. 42) : & enfin *x* la vraie correction qu'on ſouhaite avoir : dans ce cas, on aura $30 : P :: C : x$; ou $\frac{PC}{30} = x$. Cette valeur de *x* ſera *ajoutée* à l'*hauteur* de la colonne obſervée du Barometre, toutes

les fois que le Thermometre ſera au-deſſous de 55° : mais, s'il eſt au-deſſùs de 55°, alors il faut l'en retrancher.

260. Pour rendre plus aiſé ce calcul, voici une petite Table décimale que j'ai formée, & qui le réduit à une ſimple addition & multiplication. Cette table eſt fondée, de même que l'échelle ci-deſſùs, ſur le reſultat d'un grand nombre d'expériences très delicates, faites par Monſ. le Chévalier Shuckburgh, jeune Savant de prémier ordre dans toutes les connoiſſances phyſico-mathématiques, & membre de la Société Royale, dont les talens & les lumières font attendre beaucoup pour l'avancement de la phyſique.

261. Il eſt démontré par ces expériences, que l'expanſion du mercure, par *chaque degré* du Thermometre, eſt égale à ,00304 de pouce, lorſque la hauteur du Barometre eſt à 30 *pouces Anglois. Voyez cet excellent* Mémoire *dans les* Tranſact. Philoſ. vol. lxvii. N° 39, pag. 567.

Il eſt donc evident, 1°, qu'il y a *un dixième* de pouce Anglois à *rétrancher* dans la hauteur de 30 pouces du Barometre, pour chaque 33 degrés du Thermometre de Fahrenheit, au-*deſſùs* de la temperature moyene de 55°; ou à l'y *ajouter*, lorſque le Thermometre eſt au-*deſſous* du même degré 55; parceque ,00304 : 1° : : ,1 : 32,89° [ou en nombres ronds 33°].

Et l'on voit, en *ſecond lieu*, qu'à chaque 10 pouces de la hauteur du Barometre, l'expanſion du mercure eſt égale à ,00101333, par l'effet d'*un degré* du même Thermometre; car 30 : 10 : : ,00304 : ,00101333. C'eſt d'après ce principe, que j'ai formé la Table décimale qui ſuit.

262. *Table Décimale* (E) *des Expanſions du Mercure, par un Degré de Temperature ſelon les Hauteurs du Barometre.*

Pouces du Barometre.	Corrections pour chaque degré du Thermometre.
10	,001013
20	,002027
30	,003040
40	,004053
50	,005067
60	,006080
70	,007093
80	,008107
90	,009120

263. N.B. ***Quoique la bauteur du Barometre n'arrive jamais aux*** **dixaines de pouces *au delá de* 30*: il a falu, néanmoins, les faire entrer dans cette table, pour les employer dans les fractions, comm' on le verra dans les exemples ſuivans.***

Uſage de cette Table.

264. La methode pour 'employer cette *Table décimale E*, eſt à peu près la même qu'on a expliqué au N° 218, en parlant de celles de la meme eſpece, pour la réduction mutuelle des méſures Françoiſes et Angloiſes. Voici cependant en quoi elle conſiſte.

265. 1°, Ecrivez chaque nombre de pouces dans une ligne ſéparée, Comm' au N° 219: & mettez, vis-à-vis de chacun, les nombres qui lui correſpondent dans la table E; ayant ſoin de les diſpoſer ſelon le rang reſpectif des dècimales, en les pouſſant à la gauche, ou à la droite, autant de places, comm' ils en ont de *plus* ou de moins, à l'égard de leurs ſemblables dans la premiere colonne.

266. 2°, Ajoutez ces nombres enſemble: & multipliez-les par la difference, qu'il y a entre les degrés du Thermometre *attaché*, & la temperature moyene de 55°.

267. 3°, Ce produit *ajouté* à la hauteur obſervée du Barometre, ſi le degré du Thermometre étoit au-*deſſous* de 55°; ou *retranché*, s'il étoit au-*deſſus* de la même temperature de 55°, donnera la hauteur corrigée du Barometre.

EXEMPLE I^{er}.

268. Suppoſons que le Barometre ſe trouve à 28,987 *pouces*; c'eſt-à-dire, 28 *pouces*, 9 *dixiemes*, 8 *centiemes*, & 7 *milliemes* de pouce: & que le *Thermometre attaché* étoit à 21° de froid; c'eſt-à-dire, à 34° de Fahrenheit: & qu'on veut réduire, ou corriger cette hauteur du Barometre, en la réduiſant à la *temperature moyene* de 55°. En voici le détail de ce calcul, ſelon les Regles ci-deſſus.

20,000	- -	,002027
8,000	- -	,0008107
,900	- -	,0000912
,080	- -	,0000081
,007	- -	,0000007
Cette ſomme	- -	,0029377
multiplié par 55°—34°=21°	- -	×21
		29377
		58754
donne le produit *additif* (parceque le Thermometre étoit au-*deſſous* de 55°)	- -	,0616917
qui *ajouté* à la hauteur du Barometre	- -	28,987
donnent la hauteur corrigée	- -	29,048

EXEMPLE 2^{d}.

269. Suppoſons qu'on obſerva la hauteur du Barometre à 24,138 pouces Anglois; c'eſt-à-dire, à 24 *pouces*, 1 *dixieme*, 3 *centiemes*, & 8 *milliemes* de pouce: & que le Thermometre ſe trouvoit au 18½ degré de chaleur; c'eſt-à-dire, à 73½° de Fahrenheit. On demande

quelle eſt la vraie hauteur du Barometre? En voici le détail, ſelon les mêmes regles ci-deſsùs.

20,000	- -	,002027
4,000	- -	,0004053
,100	- -	,0000101
,030	- -	,0000030
,008	- -	,0000008
La ſomme eſt	- -	,0024462
qui multipliée par la différence de 55° à 73,5; c'eſt-à-dire, par — — — —		× 18,5
		122310
		195696
		24462
donne la quantité	— —	,04525470
ce produit étant *retranché* (parceque le Thermometre eſt au-deſsùs de la temperature moyene de 55°) de la hauteur du Barometre —	24,138	
donne pour la vraie hauteur réduite	—	24,0928

Sur la Réduction des deux Temperatures de l'Atmoſphere, à une Temperature commune.

270. Après avoir connu les deux différentes preſſions de l'atmoſphere, ſur les deux Barometres dans la même heure & minute; & après avoir réduit leur mercure à la même denſité: la différence de ces deux preſſions, doit donner la hauteur perpendiculaire, entre les deux endroits, où l'on a fait les obſervations; pourvû qu'on connoiſſe l'expanſion que le different degré de chaleur aura produit dans la maſſe de l'atmoſphere, comme je l'ai noté au Nº 234. C'eſt par cette raiſon, qu'il faut obſerver dans le même endroit, où l'on fait les obſervations avec chaque Barometre, quel-y eſt le degré de la temperature de l'atmoſphere; employant pour celà le ſecond Thermometre *détaché*, dont je parlai déja au dit nombre 234.

271. Ce Thermometre doit être expoſé à l'air libre, de l'endroit où l'on fait chaqu' obſervation. On doit le mettre à l'ombre, & non pas à la chaleur du ſoleil, s'il en a dans ce tems-là; parceque la chaleur des rayons ſolaires, en reflechiſſant ſur l'échelle du même Ther-

mometre, ne manquent pas d'y exciter une chaleur bien au delà de celle de l'air, qu'ils traverſent librement.

272. Ayant donc reconnu la temperature reſpective de chaque Thermometre *détaché* : on *ajoutera* les degrés de ces *deux temperatures* enſemble : & l'on en prendra la moitié, qu'on peut conſidérer comme celle de la temperature uniforme de la colonne entière de l'atmoſphere, qui étoit compriſe entre les deux élévations, ou endroits, où l'on a fait ces obſervations avec les deux Barometres. J'appellerai cette temperature *commune*, ou plutôt *temperature uniforme :* parcequ'en effet, ſi l'on ſuppoſe, que la différence entre les deux temperatures, ſe fait par une gradation regulière, ſelon la progreſſion arithmétique, entre la *chaleur* & le *froid* ; le *degré moyen* entre les deux extrêmes, ſera celui qui produiroit les mêmes effets, ſi le total avoit uniformement ſa temperature. Comme ſi, par exemple, un des Thermometres attachés étoit à 55°, & l'autre à 63°, le degré de la temperature *uniforme*, ſera le degré 59 $\left(=\frac{63+55}{2}=\frac{118}{2}=59\right)$.

Voici maintenant les régles du calcul de ces obſervations, pour en déduire la vraie hauteur perpendiculaire entre les deux endroits, où elles furent faites au même tems.

Régles du Calcul pour déduire la Hauteur reſpective entre les Endroits des Obſervations.

REGLE PREMIERE.

273. *Réduiſez la temperature du mercure de chaque Barometre, à la moyene temperature de 55° de Fahrenheit, comm' on l'a montré dans les Nombres 264 & 268.*

N. B. On pourroit faire la correction de cette regle par une ſeule operation ; en réduiſant un des Barometres, dont la temperature eſt la plus baſſe ou froide, à celle de l'autre Barometre, par la même méthode dont je viens de parler ; mais il vaut mieux réduire tous les deux Barometres à la *temperature moyene.* Voyez les *Tranſ. Philoſ.* vol. lxvii. N° 39. pag. 568.

REGLE SECONDE.

274. *Réduiſez les deux temperatures obſervées de l'atmoſphere, à celle qui ſeroit la* commune *de toutes les deux, comm' on l'a montré dans le nombre* 270 *& ſuivans.*

N. B. On a dejà expliqué dans le N° 272, qu'on devoit entendre par temperature *commune*, celle qui, étant *uniforme* dans la colonne de l'air compriſe entre les deux endroits, où l'on fait les obſervations du Barometre, y produiroit un degré déterminé d'expanſion dans ſa longueur totale.

REGLE TROISIEME.

275. *Cherchez dans les* Tables des Logarithmes ordinaires, *ceux qui correſpondent au nombre de* pouces, *& de* parties de pouce, *de chacune des hauteurs obſervées à la même heure avec les deux Barometres.*

276. *Mettez une virgule, ou un point, après les* quatre *premiers chifres, qui ſuivent la characteriſtique, en la omettant tout-à-fait, ſi vous le voulez.*

277. *Retranchez un Logarithme de l'autre : & leur différence montrera, par les nombres qui précédent la virgule, miſe au quatrieme chifre, les toiſes Angloiſes [fathoms de 6 pieds chacun] qu'il y a en* hauteur perpendiculaire *entre les deux endroits de ces obſervations ; pourvû que la temperature moyene de l'atmoſphere ſoit au* 31,24me *degré ; c'eſt-à-dire, au* 31 *degré, & environ un* quart *de Fahrenheit.*

278. *Multipliez le nombre de* toiſes Angloiſes *par* ſix ; *& le produit ſera le nombre de* pieds, *qu'il y aura dans cette hauteur.*

279. Mais comme la temperature moyene de l'atmoſphere, ne ſera que très rarement celle de 31,24° de Fahrenheit ; il faudra employer la Régle ſuivante, pour toute autre temperature.

REGLE QUATRIEME.

280. *Cherchez dans la Table F,* (N° 284) *les nombres qui correſpondent aux pieds que vous venez de trouver par la Régle III, que vous appellerez* hauteur approchante ; *ayant ſoin d'avancer à la droite, ou à la gauche, la virgule de chaque nombre, ſelon ſa valeur correſpondente, comme je l'ai averti en des cas pareils, au* N° 218, 265, & 287.

281. *Prenez la ſomme de ces* nombres, *et multipliez-la par la différence de* 31,24° *au degré de la* temperature moyene *de l'atmoſphere, trouvée par la Régle II.*

282. *Ce produit* ajouté *au nombre de pieds de la* hauteur approchante, *trouvée par la Regle III, ſi la temperature moyene de l'atmoſphere eſt au-*deſsûs *du degré* 31,34° *de Fahrenheit : ou autrement,* rétranché *de la dite* hauteur approchante, *ſi la temperature moyene eſt au-deſſous ; donnera la vraie hauteur perpendiculaire, en* pieds Anglois, *qu'il y a entre les lieux des deux obſervations.*

283. Je vais donner actuellement la Table abregée que j'ai formée d'après les principes ci-deſsûs, établis par le Chev. Shuckburgh, dans l'excellent Mémoir, inſeré dans le vol. lxvii. N° 39. de Tranſactions Philoſophiques.

Les meſures géometriques, que cet eſtimable & habile Philoſophe prit, avec la plus grande préciſion poſſible, de pluſieurs hauteurs différentes, où il fit des obſervations barometriques, demontrent à ne pouvoir pas s'en douter, la ſolidité, ou, s'il eſt permis d'employer cette expreſſion dans des diſquiſitions phyſiques, l'infallibilité de ces principes.

284. *Table décimale* (F) *des Corrections, pour la plupart* additives, *ſelon les Rarefactions cauſées dans l'Atmoſphere, par un* Degré *de* Chaleur *à différentes Elévations.*

Pieds.	Corrections, pour la plupart additives.
1	,00243
2	,00486
3	,00729
4	,00972
5	,01215
6	,01458
7	,01701
8	,01944
9	,02187

Sur l'Application de cette Table.

285. La méthode pour faire uſage de cette *Table décimale*, eſt la même dejà expliquée dans les nombres 218 & 265. Je dirai cependant: que les nombres dans la colonne à la gauche, ſont des *unités* de pieds. Si l'on veut des *dixaines*, on récule la virgule d'une place vers la droite: pour des *cents*, on la récule de deux places: & pour des *mille*, on la récule trois places, &c. Au contraire, ſi l'on veut que ces nombres correſpondent à des fractions décimales; il n'y qu'à réculer la virgule vers la gauche pour autant de places, comm' il y en a dans les décimales.

286. Par exemple, ſi l'on veut avoir le nombre, qui correſpond à des 4 mille, on met le doigt, ou la pointe d'un canif ou d'un épingle, ſur la virgule qui eſt dans la ligne vis-à-vis le 4, diſant *unités*; enſuite on met la même pointe après le chifre ſuivant à la droite, où l'on dit *dix*; en la mettant après la ſeconde, on dit *cents*; & après la troiſieme, on dit *mille*. On marque d'abord la virgule ſur le papier: & on écrit les nombres, à la droite, & à la gauche de cette virgule, comm' ils ſe trouvent, à l'égard de la pointe du canif, dans la Table.

287. C'eſt en faiſant la même operation dans le ſens contraire, qu'on peut avoir les nombres de la Table, qui correſpondent aux fractions décimales, &c. On voit ceci dans l'exemple qui ſuite.

à —	4000,000	- - 4 mille	correſpondent dans la Table	——	9,720000
à —	400,000	- - 4 cens		——	,972000
à —	40,000	- - 4 dixaines		——	,097200
à —	4,000	- - 4 unités		——	,009720
à —	,400	- - 4 dixiemes		——	,000972
à —	,040	- - 4 centiemes		——	,000097
à —	,004	- - 4 milliemes		——	,000009

N. B. Dans la practique de ces *Tables décimales*, on doit augmenter d'une *unité* le dernier chifre à la droite; lorſqu'il eſt ſuivi, dans la *Table*, par un nombre au-deſsùs de 5. Ainſi, au lieu de ,000009, il vaut mieux prendre ,000010; parcequ'il y a dans la Table un 7 après ce 9, &c.

EXEMPLE 1^er^.

288. On a obſervé dans la plaine avec le Barometre A, tandis qu'on obſervoit au ſommet de la montagne, avec le Barometre B. Le Barometre A étoit à 29,4 pouces Anglois. Son Thermometre *attaché* étoit à 50°, & le Thermometre *détaché*, pour reconnoitre la temperature de l'atmoſphere, étoit à 45°. Le Barometre B, dans la montagne, étoit au même tems, à 25,19 pouces: ſon Thermometre *attaché* étoit à 46°: & le Thermometre *détaché* à 39½ °.

Détail de ce Calcul.

289. Le Barometre A étoit à *pouces Anglois* — 29,4
& ſon Therm. *attaché* étoit à 5° de *froid*, car $50 - 55 = -5°$.
Or (ſelon la Table (E) N° 262.)
nous avons pour 20 pouces - - ,002027
pour 9 - - - ,000912
pour ,4 - - - ,000040
cette ſomme ,002979
multipliée par la différence de temperature - 5
donne ce produit ,014895
qui doit être *ajouté* (parceque la temperature étoit au-*deſſous* de 55°) à la hauteur *apparente* du Barometre A, ſelon le N° 258, c'eſt-à-dire — — } +,01489
pour avoir la hauteur *vraie* de A, c'eſt-à-dire 29,41489
ou plutôt en nombres ronds 29,415

290. Le Barometre B étoit à *pouces Anglois* — 25,19
& ſon Thermometre *attaché* étoit à 9° de *froid* (parceque 46°—55°=—9°). Or ſelon la Table E, N° 262.
nous avons pour 20 pouces — ,002027
pour 5 — — ,000506
pour ,1 — ,000010
& pour ,09 — ,000009
cette ſomme ,002552
étant multipliée par — — ×9
donne le produit — ,022968
qui, ſelon le N° 258, doit être *ajouté* (parceque la temperature étoit au-*deſſous* de 55°) à la hauteur *apparente* du Barometre B, c'eſt-à-dire — — } + ,022968
pour avoir la hauteur vraie de ce Barometre — 25,212968
ou plutôt en nombres ronds — 25,213

291. Le logarithme de - - 29,415 - - eſt - - 1.4685,689
celui de - - 25,213 - - eſt - - 1.4016,245
ayant mis une virgule au 4^{me} chifre après la *caracteriſtique* (qu'on pouvoit omettre); la différence eſt toiſes Angl. } 669,444
qui étant multipliées par — 6
donnent la *hauteur approchante* en pieds Anglois 4016,664

ce qui ſeroit la vraie hauteur, ſi la temperature de l'atmoſphere étoit à 31,24 degrés de Fahrenheit (N° 277.)

292. Mais le Thermometre *détaché* du Barometre A étoit à 45°
& celui du Barometre B étoit à — — 39,5
donc leur ſomme eſt — 84,5
& la moieté, ou la temperature moyene entr' eux, eſt — 42,25
dont la différence pour — 31,24
eſt — 11,01

qui doit être *additive*, parcequ'il s'agit des degrés au-deſsûs de 31,24 (ſelon le N° 282.).
Or, nous avons par la Table F, N° 284,

pour — 4000 *pieds* - - - 9,72
pour — 10 - - ,0243
pour — 6 - - ,0146
& pour 6 dixiemes - 0,6 - - ,0014

la ſomme en eſt — 9,7603
qui multipliée par — 11,01

97603
97603
97603

ce produit — 107,460903
étant *ajouté* au nombre ci-deſſùs de la *hauteur approchante* — — — } 4016,664

montre que la *vraie hauteur* eſt — 4124,125 pieds Angl.
c'eſt-à-dire, 4124 *pieds*, & la fraction 125, qui multipliée par 12, donne *un* pouce, & demi.

293. On a employé dans cet exemple les *grandes Tables* des Logarithmes en 4to, publiées par feu Mr. Gardiner, qui les donnent à 7 places, outre la *charactériſtique*: mais on peut également employer les petites de feu Mr. de la Caille, en 12^{mo}, qui donnent les logarithmes à 6 places: car on voit bien, par cet exemple, que le chifre dernier ne repréſente plus que des milliemes de toiſes, dont la valeur ne merite point du tout d'être regardée.

EXEMPLE SECOND.

294. On obſerva la hauteur apparente du Barometre A à pouces Anglois — — — } 24,178
ſon Thermometre *attaché* à — — 57¼°
& ſon Thermometre *détaché* à — 56°
On obſerva la hauteur apparente du Barometre B. dans le même tems, à pouces — — — } 28,132
ſon Thermometre *attaché* étoit à — 61¼°
& ſon Thermometre *détaché* à — — 64°

Détail

Détail de ce Calcul.

295. On voit au premier coup d'œil que le Thermometre *attaché*, du Barometre A, ne differoit que de 2¼ degrés au-deſsùs de la temperature moyene de 55° [57,25°—55°=2,25°] de Fahrenheit. Or, ſelon la Table E du N° 262,

nous avons pour 20 pouces — — — ,002027
pour 4 pouces — — — ,000405
& pour *deux* dixiemes [au lieu de ,178] ,000020

leur ſomme eſt — ,002452
qui, multipliée par les 2¼ °, c'eſt-à-dire, par — × 2,25

12260
4904
4904

donne le produit — — ,00551700
ce produit étant *rétranché* (parcequ'il s'agit des degrés au-*deſsùs* de la temperature de 55°) de la hauteur *apparente* du Barometre A — 24,1780

donne la vraie *hauteur* de ce Barometre A — 24,1725

296. Le Thermometre *attaché* du Barometre B, ne differoit que 6¾° (ou 6,75°) de la temperature de 55° (car 61,75°—55°=6,75°). Or, ſelon ta Table E, du N° 262,

nous avons pour 20 pouces — — ,002027
pour 8 pouces — — ,000811
pour 1 *dixieme* — — ,000010
& pour 3 *centiemes* — ,000003

leur ſomme eſt — ,002851
qui multipliée par la différence des degrés — 6,75

14255
19957
17106

donne le produit — ,01924425
ce produit doit être *rétranché* (parcequ'il s'agit des degrés au-*deſsùs* de 55°) de la hauteur *apparente* du Barometre B — — 28,132

ainſi la *hauteur corrigée* du Barometre B, eſt — 28,113

297. Le Logarithme de la vraie hauteur de A — — 24,172 eſt 3833,126
& celui de la vraie hauteur de B — 28,113 eſt 4489,072

dont la différence eſt toiſes — 655,946
qui multipliées par 6, pour les réduire en pieds Anglois — 6

donnent la hauteur perpendiculaire *apparente* en *pieds* — 3935,676

298. Le Thermometre *détaché* du Barom. A, étoit à - 56°
& celui du Barometre B, étoit à — — — 64

dont la ſomme eſt — 120

donc la temperature moyene de l'atmoſphere étoit — 60°
en ôtant — 31,24

la différence eſt — 28,76

Or, par le Table F (N° 284) nous avons
pour - - 3000 pieds - 7,29
pour - - 900 - - 2,187
pour - - 30 - - ,073
pour - - 5 - - ,012
& pour 6 *dixiemes*; ou plutôt 0,7 - - ,002

leur ſomme — 9,564
multipliée par la différence ci-deſsùs de la moyene temper. 28,76

57384
66948
76512
19128

ce produit ajouté à la hauteur approchante, — 275,06064
qu'on a trouvée ci-deſsùs: à ſavoir aux — 3935,676

fait voir que la vraie hauteur cherchée; eſt — 4210,736 P. Ang.

299. En effet, le Chevalier Shuckburg fit ces deux obſervations; & la hauteur entre les deux endroits, meſurée géometriquement par le même Chevalier, fut trouvée de 4211,3 pieds Anglois: ce qui ne differe qu'environ 6 ½ *pouces*, de celle donnée par le Barometre. Voyez les Tranſact. Phil. vol. lxvii. N° 39. pag. 581

Exemple 3me.

300. On obſerva pluſieurs fois la hauteur du Barometre ſur le rivage de la mer, tant en Italie qu'en différens endroits de l'Angleterre, avec le plus grand ſoin: & prenant la moyene de 132 obſervations, on trouva que la colonne de mercure étoit à *pouces Anglois* — 30,04

Le Thermometre *attaché* étoit au degré ——— 55°

& le *détaché* au degré — — — 62°

Voyez les Tranſ. Philoſ. vol. lxvii. N° 39. pag. 586.

Je ſuppoſe qu'on obſerva le Barometre dans une mine fort profonde, où la hauteur du Barometre fut trouvée à *pouces* } 32. & chacun des deux Thermometres au même degré de ſon ſemblable: c'eſt-à-dire, l'*attaché* à 55°, & le *détaché* à 62°: on demande quelle ſeroit la profondeur de cette mine?

Détail de ce Calcul.

301. Le Logarithme de — 30,04 eſt 4777,00

celui de — — — — 32,00 eſt 5051,50

leur différence donne *toiſes Angloiſes* — 274,5

qui multipliées par — 6

donne la hauteur *approchée* en *pieds Anglois* — 1647,0

celle-ci ſeroit la *vraie hauteur* de cette mine qu'on a ſuppoſée, ſi la temperature de l'atmoſphere étoit (N° 277.) à — — — } 31,24°

mais étant, comme dans le cas préſent, à — 62,00°

on y doit appliquer la correction (Régle IV. N° 280) de la différence — — — — } 30,76°

Or, diſpoſant la *hauteur approchante* en différentes lignes (N° 287.): on trouvera, par la Table F du N° 284, les nombres ſuivans, à ſavoir

pour - - 1000 — — — 2,43

pour - - 600 — — — 1,458

pour - - 40 — — — ,097

pour - - 7 — — — ,017

dont la ſomme eſt — 4,002

cette ſomme — — 4,002
multipliée par la différence de la temperature de l'air × 30,76

24012
28014
12006

ce produit — + 123,10152
ajouté à la *hauteur approchante*, ci-deſsùs — 1647,

la ſomme — 1770,1
ſera la vraie profondeur, en pieds Anglois, de la mine ſuppoſée, au-deſſous du niveau de la mer.

302. La methode que je viens d'expliquer eſt générale, pour tous les cas des obſervations barometriques ; mais lorſque les hauteurs, à méſurer avec le Barometre, ne ſont point au-delà de 4000, ou même de 5000 pieds, on peut s'épargner, dans ce cas, d'employer les Tables des Logarithmes comme ci-deſsùs ; en ſe ſervant de la Table ſuivante, que le même Chevalier Shuckburgh a donné dans la ſeconde partie des Tranſact. Philoſ. vol. lxviii. N° 32. pag. 688.

303. *Table* (G) *des Hauteurs correſpondentes à* chaque dixieme *de pouce Anglois, dans la Différence des deux Barometres* ; *lorſque la Hauteur moyene eſt de* 30 *Pouces.*

Degrés du Thermometre.	Pieds Anglois.
32°	85,86.
35°	87,49.
40°	88,54.
45°	89,60.
50°	90,66.
55°	91,72.
60°	92,77.
65°	93,82.
70°	94,88.
75°	95,93.
80°	96,99.

Uſage de cette Table G.

304. Toutes les fois que la hauteur moyene des deux Barometres eſt exactement 30 pouces Anglois, il n'y a d'autre trouble que chercher dans la Table le degré de la *temperature moyene* des deux *Thermometres détachés*, & l'on trouvera vis-à-vis ce degré, le nombre de pieds qui correſpondent à chaque *dixieme* de pouce Anglois, contenû dans la différence entre les deux Barometres.

EXEMPLE 1er.

305. Suppoſons, par exemple, que le Barometre *A* ſe trouve à 31,6 pouces, & le Barometre *B* à 28,4 pouces: la moitié de leur ſomme ($=60{,}0$) eſt 30 pouces: dans ce cas, il y a une différence de 32 dixiemes de pouce entre les deux Barometres: car $31{,}6-28{,}4=32$ pouces. Or, ſi la temperature moyene des deux Thermometres *detachés* eſt, par exemple, 45°, le nombre 89,60 qui ſe trouve dans la Table vis-à-vis le degré 45, montre que chaque *dixieme* de pouce donne la hauteur de 89,6 pieds. Ainſi, il n'y qu'à multiplier $32\times 89{,}6$: & le produit 2867,2 montre qu'il y a ce nombre de pieds en hauteur perpendiculaire entre les deux endroits, où l'on fit chacune de ces deux obſervations: c'eſt-à-dire, 2867 pieds, & environ 2 pouces & demie; parceque $12\times 2=2{,}4$.

306. Mais lorſque la hauteur moyene des deux Barometres n'eſt pas celle de 30 pouces Anglois: dans ce cas, la valeur de chaque *dixieme* de pouce, dans la différence des deux Barometres, ſera en raiſon inverſe de leur hauteur moyene pour celle de 30 pouces. Si l'on appelle *H*, la moyene hauteur des deux Barometres en pouces: *D*, la différence des deux Barometres, exprimée en *dixiemes* de pouce: *C*, le nombre trouvé dans la Table vis-à-vis le degré de la temperature moyene des deux Thermometres *detachés*: & *x*, la hauteur qu'on cherche ſavoir: la formule $\frac{30\,\mathrm{CD}}{\mathrm{H}}=x$, montre l'operation qu'il faut employer, pour connoitre la valeur x; c'eſt à dire, pour connoître la vraie hauteur perpendiculaire entre les endroits, où l'on fit ces deux obſervations. L'Exemple ſuivant montrera la practique de ce calcul.

Exemple 2d.

307. Suppoſons que le Barometre A. ſe trouve à la hauteur *apparente* de pouces

307. Suppoſons que le Barometre A. ſe trouve à la hauteur *apparente* de pouces — —	29,524
ſon Thermometre *attaché*, au degré — —	56,5
& le Thermometre *detaché*, au degré — —	57.
Suppoſons que le Barometre B. ſe trouve *apparemment* à pouces — — — —	30,018
ſon Thermometre *attaché*, au degré — —	60,5
& le Thermometre *detaché*, au degré — —	60,25

Détail de ce Calcul.

308. La différence du degré de la temperature moyene 55°, à celle du Thermometre du Barometre A, n'eſt que 1,5° [56,5°—55°=1,5°]. Or nous avons, ſelon la Table E du N° 262,

pour 20 pouces —	,002027
pour 9 pouces —	,000912
& pour 5 dixiemes —	,000051
en multipliant cette ſomme —	,002990
par la différence — —	1,5
	14950
	2990
& *retranchant* le produit —	,004485
de la hauteur *apparente* du Barometre A. —	29,5240
on aura la *vraie hauteur* de A : à ſavoir —	29,5195

309. La différence du degré de la temperature moyene 55°, à celle du Thermometre *attaché* du Barometre B, eſt 5,5° (60,5°—55°=5,5°). Or, ſelon la même Table E. du N° 262, nous avons

pour 30,02 pouces — ,003042
qui multipliés par les degrés 5,5
15210
15210
donnent le produit — ,016731
qui doit être *retranché* de la hauteur — 30,018
pour avoir la *hauteur corrigée* (ou *vraie*) du Barometre B, à ſavoir — — — } 30,002
en y ajoutant la *hauteur corrigée* de A, — 29,520
& diviſant par 2 la ſomme — 59,522

on aura la ſomme moyene H de la formule ci-deſſus: c'eſt-à-dire, on aura 29,761=H.

310. En retranchant, de la *vraie* hauteur de B, 30,002
la *vraie* hauteur de A, — — 29,520
la différence (=D dans la formule) ſera — ,482
Or, le Thermometre *detaché* du Barometre A, étoit à — 57,00°
& celui du Barometre B, étoit à — — 60,25°
leur ſomme eſt — 117,25°
donc la *temperature moyene* de l'atmoſphere (No. 272.) étoit 58,625°

311. Il faut à préſent chercher C, dans la Table G du N° 303: c'eſt-à-dire, les pieds correſpondens à chaque *dixieme* de pouce entre les Barometres, vis-à-vis leur temperature moyene de 58,625°: mais, comme cette temperature eſt, dans la Table, entre le 50° & 60°; on ſera obligé de la trouver par la proportion ſuivante: 5° [=60°—55°]: 3,625° [=58,625—55°] : : 1,05 pieds [=92,77—91,72]: $x=C$.

On multiplier donc — 3,625°
par pieds — 1,05
18125
3625
& on diviſera par 5 ce produit; c'eſt-à-dire — 5) 3,80625(,76125
On ajoutera ce quotient — ,76125
au nombre de pieds, vis-à-vis le 55° de la Table G: c'eſt-à-dire, à } 91,72
& cette ſomme — 92,481 pieds ſera celle, qui correſpond

reſpond à 58,625°: c'eſt-à-dire, ſera la quantité exprimée par C, dans la formule $\frac{30\,CD}{H}=x$ du N° 306.

312. Or, nous avons par le N° 310, en prenant les *dixiemes* comme autant d'unités (parceque c'eſt à des *dixiemes* de pouce, que les nombres de la Table *G* correſpondent)

nous avons, dis-je — $4{,}820=D$
nous avons auſſi, par le N° précédent — $92{,}481=C$
& enfin, par le N° 309, nous avons — $29{,}761=H$

En ſubſtituant ces nombres dans la formule ci-deſſus $\frac{30\,CD}{H}=x$: c'eſt-à-dire, $30\times92{,}481\times4{,}82$: & diviſant le produit 13372,7526 par 29,761: le quotient 449,3 montre que la hauteur perpendiculaire, entre les endroits des deux obſervations, eſt 449 pieds, & 4 pouces Anglois.

313. Si l'on fait ce calcul par la premiere *methode des Logarithmes*, comme dans les deux premiers exemples (N° 288 & N° 294.); on trouvera le reſultat de 450,122, c'eſt-à-dire, 450 pieds & 1,4 pouces: d'où il eſt evident, que ces deux méthodes donnent preſque les mêmes reſultats. On evite, à la vérité, par cette derniere methode, d'employer les *Logarithmes* dans le calcul; mais en revanche, la premiere eſt moins embaraſſante, toutes les fois que les degrés de la temperature moyene de l'atmoſphere, ne ſont pas les mêmes exprimés dans la Table G.

314. Monſ. le Chevalier Shuckburg fit, en effet, ces deux obſervations à Rome: la premiere, avec un Barometre dans la galerie ſupérieure du dome de l'égliſe de St. Pierre, qui eſt 50 pieds au-deſſous de la croix de la coupole du même dome: & l'autre obſervation ſur le bord du Tibre; il y meſura, geometriquement, la hauteur de la croix: & il trouva que cette hauteur étoit 502,2 pieds. Si l'on ajoute 50 pieds au premier réſultat, on aura 499,3 pieds, ce qui ne fait point trois pieds de différence: & ſi l'on ajoute la même quantité au ſecond réſultat, on aura 500,122 pieds, ce qui ne fait plus qu'environ 2 pieds, & 1 *pouce* & demi de différence.

315. On peut voir dans le Mémoire, que j'ai cité, de ce Savant, inſeré au N° 39 du *vol.* lxvii. des Tranſactions Philoſophiques, le détail du calcul de ce dernier exemple, où la différence du réſultat ſelon les obſervations du Barometre ne differe que d'environ 4 pouces

de celui de la meſure geometrique. Mais M. le Chevalier Shuckburg pouſſa ſon exactitude, juſqu'à des *dixiemes* de *degré*, dans le Thermometre; & juſqu'à des *dixaines de milliemes* de *pouce*, dans l'échelle du Barometre. Cette derniere quantité peut bien être déduite, en prenant la moyene de pluſieurs obſervations repetées dans le même endroit, comme je l'ai dit au N° 255; mais pour les *dixaines* de *degré* du Thermometre, il n'eſt pas poſſible de les determiner; à moins, d'avoir des Thermometres d'une échelle fort grande (N° 378 & ſuivans); ou d'avoir un œil auſſi juſte, & ſi accoutumé à ces obſervations, comme ce Savant. On doit, en effet, au Chev^{r}. Shuckburg, l'exemple d'obſerver le Barometre, avec la plus eſcrupuleuſe attention. C'eſt lui qui le premier demontra, les defauts, & l'inſuffiſance de la *methode* de M. de Luc, & des autres Savans: & qui donna enfin les *Regles*, les plus ſures & aiſées, pour reſoudre ce grand Probleme.

Sur le Raport des Obſervations du Barometre avec les Réfractions Aſtronomiques.

316. Pour ce qui regarde l'influence de la peſanteur variable de l'atmoſphere, ſur les *refractions aſtronomiques*, le lecteur pourra conſulter là-deſſus l'*Aſtronomie* de Monſ. de la Lande, *livre* xii. N° 2236. C'eſt un objet qui, peut-être, ne ſera jamais determiné avec la derniere préciſion; mais il y a eu des Aſtronomes de premier ordre, tels que feu Monſ. de la Caille, Mayer, de l'Iſle, & d'autres qui l'ont, en effet, pouſſé à une grande perfection.

Manière de démonter & empaqueter ce Barometre.

317. Il me reſte à dire deux mots, ſur la maniere de démonter & replacer cette eſpece de Barometres, dans leurs étuis, après l'obſervation: & ſur la methode pour y ſubſtituer un ſecond tuyau, lorſque celui du Barometre vient à caſſer par quelqu' accident. Quant au premier, il n'y a qu'à fermer la vis *n* (fig. 41) en la tournant de la droite à la gauche, avec la clef de la *figure* 17, qui ſe trouve au-dedans de la boëte, par deſſous une couverte de cuir: on ôte la clef *a* (même fig. 41.), qu'on met en *c*; & inclinant doucement le Barometre en arrière, juſqu'à ce que le mercure monte en *k*, on tourne cette vis *c* avec la clef, de la gauche à la droite; en ſorte, qu'en re-

mettant le Barometre à plomb, le mercure rempliſſe tout le tuyau, juſq'au bout, qui eſt à découvert en *K* (N° 193).

318. Il faut neanmoins y employer un peu d'attention, pour ménager prudemment la preſſion de la vis *c*, à fin de faire reſter le tuyau tout rempli avec le mercure, ſans y laiſſer aucun vuide ſenſible en haut: car, ſi on tourne trop la vis *c*, on court le riſque de faire crever le ſac de cuir, qui forme le fond du reſervoir; ou autrement, on oblige le mercure à s'ouvrir quelque crevaſſe, ou voye, pour ſortir du reſervoir. Tout-au-contraire, ſi l'on laiſſe le mercure trop aiſé; on trouvera qu'à chaque ſécouſſe du Barometre, il frappera avec violence contre le bout *K* du tuyau, & il pourra aiſément le caſſer.

319. Après qu'on a tourné aſſez la vis *c*, pour que le mercure reſte près du bout *K*, lorſqu'il eſt à plomb; on peut le mettre horizontalement: &, s'il y a trop d'air dans le reſervoir, il paroitra dans le petit tuyau *b* (fig. 42.). Dans ce cas, on tourne tant ſoit peu la vis *c*, de la gauche à la droite, juſqu'à ce que cet air diſparoiſſe: & ſi elle ne peut tourner plus dans le même ſens, on renverſera le Barometre avec le reſervoir *nc* en haut, & le bout *K* en bas; on deviſſera alors la vis *c* tout-à-fait par ſa clef, en la tournant de la droite à la gauche: & on viſſera un peu la piece *ee* (fig. 42.), dans le même ſens (N° 196.). Si l'on trouve, en remettant l'inſtrument horizontalement, qu'il y a encore de l'air dans le petit tuyau *b* (fig. 42.); on viſſera un peu plus la petite vis avec la clef *c*, juſqu'à ce que l'air diſparoiſſe.

320. C'eſt encore un des avantages de cette nouvelle conſtruction, qu'on voit tout ce qu'on fait avec l'inſtrument; au lieu qu'il faut diviner, pour ainſi dire, ce qu'il faut faire aux Barometres des autres conſtructions. Car il n'y a pas d'autre moyen pour reconnoitre l'air, qui reſte dans le reſervoir de ces derniers, que tatonner à différentes répriſes, avec la vis inférieure, juſqu'à ce que le mercure touche dans le bout *K* du tube, après que l'air du reſervoir s'eſt tout-à-fait echapé par les pores du cuir & du bois.

321. Enfin, on met la calote de metal *zz* (fig. 39.) dans ſa place, pour empêcher que la pouſſière, la pluie, ou quelqu' autre corps étranger, ne puiſſe pas entrer dans la boëte, & endomager l'inſtrument.

Inſtructions pour ſuppléer les Tubes qui ſe caſſent.

322. Lorſque le tube du Barometre vient à caſſer, par quelque accident ; il faut y mettre un autre qui ſoit de la méme groſſeur. Il eſt aiſé d'éprouver cette circonſtance, en pouſſant l'anneau *d*, qui eſt par derrière du *Nonius* (fig. 41.) juſqu'au bout inferieur de l'échelle du Barometre ; & en y faiſant entrer le tube par le bout, qui eſt fermé : à fin de voir, s'il y paſſe librement juſqu'au trou *K*.

323. Mais, pour mieux comprendre toutes les particularités de cette operation, qu'on ne peut pas conſidérer tout-à-fait comme des minuties, parcequ'elles ſont néceſſaires pour y bien reuſſir ; il faut conſiderer, avec attention, la forme intérieure du reſervoir, & l'arrangement de ſes pieces.

Méchaniſme intérieur du Reſervoir.

324. La *figure* 48 repreſente la ſection verticale de la partie inférieure du Barometre, afin d'en montrer tout le méchaniſme intérieur : & chaque piece y eſt deſignée un peu ſeparée de l'autre qui lui correſpond, pour qu'elle ſoit examinée avec plus de préciſion. On a fait paſſer tout exprès la ſection verticale, qui coupe cette figure, par le milieu du Barometre, & du petit tuyau *b* (fig. 42.), pour que ſa communication, avec le creux du reſervoir, ſoit entièrement à découvert. Ainſi, il faut conſiderer que l'inſtrument y eſt repreſenté lateralement ; tandis que toutes les autres figures le repreſentent, avec le petit tuyau tourné vis-à-vis de celui qui le regarde.

325. La partie inférieure du chaſſis de bois, que forme la tige du Barometre, eſt marquée par *b b z z* (fig. 48.) : elle entre à vis dans la partie ſupérieure de la boëte *d f* du reſervoir : & le rebord, ou modillon *z z*, doit être tant ſoit peu plus court, que le bord du trou *u*, dans le quel ſe trouve le clef *n* (fig. 41 & 42.), à fin de pouvoir être déviſſé, toutes les fois qu'on voudra ſeparer du reſervoir cette tige, pour examiner le tuyau, ou pour y remettre un autre nouveau.

326. Nouvellement j'ai changé la manière d'ajouter la tige *kdab* (fig. 41.), avec la boëte *nc*, par la vis de bois *zz* (fig. 48.); comme on le verra dans les nombres 341 & 342; où je montrerai l'erreur que cette vis peut cauſer, étant de bois, dans la vraie meſure des hauteurs du Barometre. La rondelle *ii* (même fig. 48.) ſert d'écrou à la groſſe vis du centre, où l'autre vis mince *b* eſt logée: de façon qu'en tournant cet écrou *ii* de la droite à la gauche, tout l'équipage *ll* monte enſemble avec la vis *b*: & ſi celle-ci (la vis *b*) tourne toute ſeule dans le même ſens, alors elle fait deſcendre l'équipage de la plaque *ll*. Cette plaque (*ll*) eſt double, & tourne librement ſur le bout de la vis *b*, où elle eſt arrêté, par une coupille, entre les deux plaques dont elle eſt compoſée.

327. La boëte *df* (fig. 48.) devroit être toujours, d'un ſeul morceau de quelque bois aſſez compacte; pour empêcher le mercure de s'en échaper. Les bons tourneurs ſavent bien, comment il faut tourner la cavité *dooof*, au-dedans d'une ſeule piece, ſans avoir béſoin d'aucune inſtruction là-deſſus. En tout cas, on y doit paſſer du vernis au-dedans, pour empecher le mercure de s'en échapper par les pores du bois, ou par quelque crevaſſe imperceptible.

327. La cavité *veev* (fig. 48.) eſt proprement le reſervoir du Barometre, où ſe trouve plongé le bout *e* du tube, au milieu du mercure, dont le reſervoir eſt rempli: le fond *c* de ce reſervoir eſt de cuir. On l'attache, avec de la cole-forte d'Angleterre, aux parois d'un anneau de buis, dont *xx* repréſente la ſection; & cet anneau eſt attaché enſuite au bord ſaillant *vv*, par une bandelette de cuir, qui y eſt également colée tout autour par le dehors: *nn* repréſente la ſection de ce cuir.

329. On commencera donc l'opération, en raclant, avec un couteau, toute la bandelette de cuir *nn*, juſqu'à dégager tout-à-fait l'anneau de bois *xx*, & laiſſer le reſervoir tout à découvert. Après celà, on fera ſortir le bout *e* (fig. 48.) du tuyau caſſé, qui doit reſter cimenté dans la boëte du reſervoir (N° 330.), moyennant un morceau de vêrge de fer, ou un gros clou, qu'on frappera avec un marteau, juſqu'à ce que tous les morceaux de verre en ſoient chaſſés. On en raclera le dedans du trou, avec une broche quarrée; & on le nettoyera avec une

lime ronde. Enſuite on marquera la longueur néceſſaire du tube, en ſorte que le bout fermé paroiſſe par le trou *K* (fig. 41.); & que le bout ouvert ſoit au milieu du reſervoir, comm' il paroit en *e* (fig. 48.). On en coupera le ſurplus du tuyau: ce qu'on exécute aiſément avec une lime triangulaire; car en le limant tout au tour, aſſez vitement, il s'y fend & caſſe de ſoi-même.

330. On liera, au tour de l'endroit du tuyau, qui doit reſter dans l'eſpace *r o* (fig. 48.) une ficelle cirée bien étroitement; de façon qu'en y mettant le tuyau, il y reſte bien ferme dans cette partie de la boëte, & ſans le moindre mouvement, comme ſi c'étoit une ſeule piece.

Du meilleur Ciment pour les Tubes.

331. J'ai trouvé, qu'une pâte faite avec de la ceruſe, ou blanc de plomb, & du verniz huileux de gomme copal, eſt un ciment qui ſurpaſſe tous les autres qu'on connoit. Ce ne fut qu'après avoir fait un grand nombre d'eſſays, avec d'autres ſubſtances, pour cet objet, que j'arrivai à trouver cette compoſition. *Voyez la* Note *b* du N° 426. On met de ce ciment, tout à l'entour du tuyau en *r o* (fig. 48.), ſans beaucoup de délai; parcequ'il ne manque pas de ſécher en peu de tems; ou, du moins, il forme briévement une eſpece de croute, qui affoiblit ſa tenacité.

332. Au bout de 24 heures, on remplit le tuyau avec du mercure bien purifié. Celui qui eſt diſtillé, ou revivifié du cinabre, eſt le meilleur pour les Barometres; parcequ'il eſt le plus debaraſſé de toutes les parties hétérogenes. Cependant on doit toujours le nétoyer de toute ſorte de pouſſière; ce qu'on fait aiſément, en le paſſant deux ou trois fois, par des cornets ou cones de papier blanc, avec un petit trou dans le fond, par où le mercure coule tout clair & ſans pouſſiere. Au bout de chaque écoulement, on doit mettre à part le peu de mercure qui reſte dans le papier; parcequ'il ſe trouve chargé de la pouſſière: & on ſe ſerve d'un autre cone de papier propre, pour le répaſſer de nouveau.

Préparation du Mercure.

333. Avant d'employer le mercure dans le Barometre, il eſt fort à-propos de le faire bouillir pendant un quart d'heure, ou même plus,

ſur un feu de charbon bien clair & ſans fumée. On met le mercure dans une terrine de grès, ou dans un pot neuf de terre cuite, qui ſoit verniſſé au-dedans; c'eſt-à-dire, dont l'intérieur ait une couverte de cette matière vitrifiable, dont les fayanciers & potiers couvrent ordinairement leurs ouvrages. On couvre ce pot avec un couvercle de la même matière; ou autrement, avec un couvercle fait de bois ſec (au defaut du premier), pour récueiller le mercure qui monte en forme de vapeur, tandis que la partie aqueuſe ſe diſſipe dans l'atmoſphere, ou eſt imbibée dans le couvercle. J'ai trouvé cette humidité dans le mercure pluſieurs fois, en le faiſant bouillir: & M. Macquer affirme le même fait, dans ſon *Dictionnaire de Chimie*. On fera bien de mettre le rechaud ſur une terrine plate, & aſſez grande pour ſauver le mercure, en cas que le pot creve avec le feu; comm' il arrive quelquefois.

Pour bouillir le Mercure dans le Tube.

334. Après avoir bouilli le mercure, on le laiſſe refroidir aſſez pour le paſſer par le papier, comme je l'ai dit ci-deſſus: & pour en remplir le tuyau, qu'on doit échauffer auparavant, pour qu'il ne ſe fende point. Enſuite, on realume un feu bien net de charbons ſecs dans le rechaud, & on y approche très lentement le bout du tuyau; car ſi on l'approche tout d'un coup au feu, il ne manque pas de ſe fendre avec la chaleur ſoudaine. En peu de minutes, on verra que le mercure y bout au-dedans avec un bruit auſſi fort, qu'on ne manque pas de craindre que le tube va être caſſé, lorſqu'on voit cette operation pour la premiere fois.

335. On peut tenir avec la main le tube, tandis qu'il bout, par l'extremité qui eſt ouverte; parceque la chaleur ne ſe fait jamais ſentir à cette diſtance. On verra dans peu de tems, que pluſieurs bulles d'air s'attachent au parois intérieures du tube. Pour les faire ſortir, il faut mettre le bout du doigt, couvert d'un morceau de papier ou de cuir, ſur l'ouverture du tube; & l'incliner de coté, dans tous les ſens, pour ramaſſer ces bulles d'air, & les faire ſortir toutes enſemble avec l'air qu'on y a introduit. On répétera cette operation pluſieurs fois alternativement, en le faiſant bouillir; & en faiſant ſortir ces bulles d'air, juſqu'à ce qu'il n'y en reſte plus.

336. Les Artiſtes ſe contentent, pour la plupart, de faire bouillir le mercure ſeulement dans le bout fermé du tuyau de verre : au lieu de le faire bouillir dans toute ſa longueur. En effet, cette derniere operation ne ſe fait pas ſi aiſément que la premiere : car, il faut laiſſer refroidir le tout par degrés, avant de paſſer à bouillir le reſte ; autrement, le bout de tuyau qui eſt échauffé, ſe fend aiſément avec le froid ſoudain. Il faut, auſſi, avoir un rechaud, avec des ouvertures laterales aſſez grandes, pour y paſſer ſucceſſivement le tuyau, & menager toute l'operation avec un ſoin extreme.

337. Réellement, lorſqu'on a fait bouillir bien le mercure avant de le mettre dans le tube, & qu'on l'y introduit encore avec quelque chaleur, avant de le laiſſer refroidir tout-à fait, de crainte qu'il ne s'attire quelque humidité de l'air : on pourra, peut-être, s'epargner cette trouble de plus ; car j'en ai vû des Barometres excellens, qui avoient été faits de cette manière : c'eſt-à-dire, dont le mercure avoit bouilli ſeulement dans le bout *K* (fig. 41.) : & qui ne manquoient pas de montrer leurs colonnes mercurielles à la même hauteur que les autres, avec leſquels on avoit eu tout le trouble extraordinaire, dont je viens de parler.

338. Après avoir bien bouilli le mercure dans le tuyau, ſans y laiſſer aucune bulle d'air, en ſorte que toute ſa ſurface ſoit auſſi brillante qu'un miroir : on remplit tout le reſervoir *v e v* (fig. 48.), qui, pour lors, ſe trouve renverſé, aiant l'embouchure *v v* tournée en haut : on le remplit, je dis, avec du mercure, autant qu'il peut contenir. On le ferme avec l'anneau de bois *x x*, dont le milieu eſt garni avec le petit ſac de cuir *c* : on met, tout à l'entour de la jointure, une bandelette de cuir *n n*, couverte de la cole forte fondue, qu'on y laiſſe ſecher jusq'au jour ſuivant.

339. En preſſant un peu avec le doigt ſur le cuir *c* (fig. 48.), qui forme le fond du reſervoir, on verra bientôt, ſi le tout eſt, ou non, bien fermé, & ſans aucune crevaſſe, par où le mercure puiſſe ſortir. On viſſe l'autre moitié *g k* (même fig. 48.) de la boëte du reſervoir, ſur celle *d f*, & on viſſe la petite vis *h*, en la tournant doucement de *g* vers *k*, juſqu'à ce qu'on ſent, par ſa reſiſtance, qu'elle touche le fond *c* du reſervoir ; ou, pour mieux dire, la ſurface du mercure qui eſt dedans. On redreſſe alors le Barometre dans ſa poſition naturele ; ou

on y met le chaſſis, ou tige de bois *K d a n* (fig. 41.) que l'on viſſe : & l'on place le tout, ſelon que je l'ai dit ci-deſſus, au N° 317 & 319.

340. Si, par hazard, on trouvoit que le Barometre n'avoit pas aſſez de mercure dans ſon reſervoir, ce qu'il ſeroit aiſé de reconnoitre, en le mettant dans le ſens horizontal, comme j'ai dit au N° 319, il ſera aiſé d'y en mettre d'avantage, en ouvrant la clef *n* (fig. 41 & 42.), & en y appliquant un cone de papier pour ſervir d'entonnoir, afin d'y jetter la quantité de mercure, dont il a beſoin, & qui doit être ſuffiſante pour remplir tout le tuyau juſqu'au bout *K* (fig. 41.), ſans que la plaque ronde *l l* (fig. 48.), puiſſe mettre jamais en contact, le cuir *c* du fond du reſervoir, avec l'orifice *o* du tuyau.

Sur deux nouveaux Arrangemens plus avantageux de ces Barometres.

341. J'ai penſé, depuis peu, à deux autres conſtructions, ou, pour mieux dire, nouveaux arrangemens, par leſquels ces Barometres deviennent encore plus commodes. Le premier conſiſte à ſupprimer la vis de bois *z z* (fig. 48.), par laquelle la tige *k d a n* (fig. 41.) eſt viſſée à la boëte *n c*. Au lieu de cette vis de bois *z z*, on ſubſtitue trois petites vis de metal, dont on voit deux *m m* (fig. 49.), par leſquels la baſe de la même tige *b c*, eſt attaché à la boëte *d f*. On y ajoute deux pieces de metal, comme deux petits crampons, une de chaque côté, marquées par des points *m m*, dans la *figure* 48. Il ſuffit de tirer une ligne droite ſur chaque petit crampon, en la continuant horizontalement ſur l'endroit qui lui correſpond dans la boëte, pour être aſſuré toujours, par ſa coincidence, que le *zero* des meſures, marquées dans les échelles, n'a pas ſouffert aucune variation.

A. L'arrangement, dont je viens de parler, pour ſupprimer la vis *z z* (fig. 48.), merite l'attention d'obſervateurs. Car il eſt bien aiſé de concevoir que cette vis étant de bois, doit s'uſer avec le tems, & devenir fort lache. En effet, il a falu mettre quelquefois des rondelles de cuir, ou de papier, entre le rebord de la vis, dont il s'agit, en pluſieurs Barometres, faits même par Mr. Ramſden, artiſte célébre de Londres (qui employa le premier cette conſtruction), à fin que la face du devant, de la boëte du reſervoir, puſſe correſpondre exactement à celle de la tige ; ce qui demontre le défaut, que je corrige par la methode que je viens de propoſer. Certès, il y a du ridicule, ou plutôt de la bêtiſe, à pouſſer les obſervations du Barometre juſqu'à des *milliemes* de pouce, & même au-delà, ſans jamais prendre ſoin à faire en ſorte, que l'échelle de la tige, par laquelle elles ſont meſurées, ne produiſe pas des erreurs beaucoup plus grandes.

342. J'ai penſé également, qu'on épargnera du trouble, & même de la depenſe, ſi l'on ſubſtitue un tuyau de laiton à la tige de bois. Ce tuyau en fera alors le même ſervice; & ne rendra pas le Barometre bien plus péſant. Il doit avoir deux fentes oppoſées, comme celle de l'échelle *k d a* (fig. 41.) & l'autre qui eſt par derrière, dont l'on a parlé au N° 206: & l'on y fera les mêmes diviſions ſur chaque côté de la fente du devant du tuyau, qu'on a décrites au N° 207, &c. Monſ. l'Abbé Fontana, directeur du cabinet de ſon Alteſſe R. le grand Duc de Toſcane, eut auſſi la même idée que moi: & il fit exécuter un de ces Barometres à Londres, avant ſon départ en 1779.

342. *A.* Cette tige de metal peut avoir le *Nonius* arrangé dans la forme dont j'ai parlé au N° 232; & la regle dentelée, ou crémaillere, dont j'y parlé, peut être formée dans la face laterale de la fente de la tige metallique, ſans aucun inconvénient. Cette tige, ou tuyau metallique, doit entrer à vis dans une rondele de metal, dont la partie ſupérieure de la boëte *d f* (fig. 49.) ſera garnie: car les vis de metal ne s'uſent point ſi aiſément que celles de bois. L'on y peut employer également les mêmes trois petites pieces, ou crampons, dont je viens de parler (N° 341.) pour marquer l'endroit juſqu' auquel on doit viſſer cette tige à la boëte *d f*.

342. *B.* Il eſt vrai, que la différente temperature de l'atmoſphere doit cauſer quelques variations dans les diviſions de cette tige metallique: tandis que celle de bois n'eſt pas ſi ſujete à ces variations; mais elles ne ſeront jamais aſſez conſidérables pour cauſer des erreurs ſenſibles dans la pratique. D'ailleurs, il n'eſt pas difficile d'en tenir compte; car ſi l'on prend, avec un compas à verge de ſapin, la diſtance; par example, entre le *zero* & le *trentieme pouce* de ce Barometre dans deux temperatures aſſez différentes; on en peut aiſément calculer la partie proportionelle, dont il faut augmenter ou retrecir chaque hauteur du Barometre, ſelon la différence de la temperature. Je fais faire actuellement quelques uns de mes Barometres, par l'une & par l'autre de ces deux formes, dont je viens de parler.

342. C. Les

342. *C.* Les Barometres que j'ai décrits juſqu' ici, peuvent bien être appliqués à faire des obſervations ſur mer, en les montant ſur des ſuſpenſoirs aſſez fermes, dont je donnerai l'idée dans le N° 358 A: & en leur donnant les autres arrangemens néceſſaires pour mieux reuſſir, dont j'y parlerai. Mais, comme le but qu'on ſe propoſe dans les obſervations barometriques à bord des vaiſſeaux, eſt principalement pour être averti du mauvais tems, & des tempêtes qui vont ſuivre, dont le barometre ne manque pas de donner aſſez d'avance indices très marquées: il vaut mieux paſſer actuellement à la deſcription des *Barometres de chambre*, faits ſelon cette nouvelle conſtruction; après quoi, il ſera plus naturel de parler des obſervations meteorologiques, faites avec le Barometre ſur terre; & enſuite, de celles qu'il eſt fort avantageux de faire ſur mer, pour obtenir l'avantage, dont je viens de parler.

Sur les Barometres de Chambre, pour les Obſervations Meteorologiques.

343. Lorſqu'on veut avoir des Barometres de l'eſpece, dont je viens de donner la deſcription, adaptés aux obſervations météorologiques; il eſt aſſez de leur ajouter des échelles bien plus courtes, que dans les précédens: c'eſt-à-dire, depuis les 26 ½ juſqu'aux 32 pouces Anglois. Dans ce cas, on leur donne à la partie ſuperieure, la forme repréſentée par la figure 47. Les deux échelles de la meſure *Angloiſe*, & de la *Françoiſe* (N° 207.), y ſont toutes deux au coté droit de l'obſervateur.

344. La piece du *Nonius*, quoiqu' attachée à l'anneau, qui ſert à prendre la vraie hauteur du mercure ſans paralaxe (comme je l'ai dit au N° 206). elle n'y tient que par un coté, & paſſe entierement par derriere la plaque, où ſont les échelles, menant un *Nonius* de chaque coté *z* & *p* (fig. 47.), ſur chacune de ces deux échelles. C'eſt en mettant la clef (fig. 21.), dans le trou *b* (fig. 47.), qu'on fait monter, ou deſcendre ces deux *Nonius*, enſemble avec l'anneau, pour montrer la hauteur préciſe de la colonne mercuriele dans l'inſtrument. *Voyez le* N° 206.

345. Quoique les obſervations de la temperature de l'atmoſphere entrent dans le plan des obſervations météorologiques, en ſorte que le Thermometre pour cet objet, doit être expoſé à l'air exterieur du coté du Nord, & tellement ſitué, qu'il n'y ait aucune muraille, ou d'autre corps, qui puiſſe réflechir ſur lui la chaleur des rayons ſolaires:

cependant on ne regarde point les obſervations de ce Thermometre *detaché*, comm' appartenantes à celles du Barometre de Chambre.

346. Quant au Thermometre *attaché*, il eſt indiſpenſable de l'avoir enſemble avec le Barometre, parceque la temperature d'une chambre eſt preſque toujours fort différente de celle de l'air exterieur: & par conſequence, c'eſt une erreur fort groſſiere d'appliquer, aux corrections barometriques, le degré de la temperature d'un autre Thermometre, qui ne ſoit pas dans les mêmes circonſtances que le Barometre (*voyez le* N° 241.).

347. Ce Thermometre *attaché* eſt fixé ſur la plaque de metal *m n* (fig. 47.) à la gauche de l'inſtrument, ou plutôt de l'obſervateur. Les trois échelles dont je parlai au N°243 & 257, y ſont gravées: & les nombres de l'échelle de correction (N° 257) montrent les centiemes de pouce qu'il faut *ajouter*, ou *retrancher*, de la hauteur obſervée du Barometre, ſelon que la temperature du mercure ſe trouve au-*deſſous*, ou au-*deſſùs* de la temperature moyene de 55° de Fahrenheit.

348. Il y a deux petits aiguilles horizontales ſur la plaque du Thermometre, qui tiennent par derrière à une verge dentelée: & celle-ci engraine dans le pignon *t* (fig. 47.): ainſi on les fait mouvoir en haut ou en bas, en tournant la clef (fig. 21.), qu'on met dans la tige *t* (fig. 47.), juſqu'à ce que les pointes des deux aiguilles ſoient vis-à-vis le *degré actuel* du Thermometre: dans ce cas, elles marquent au même tems le *degré* de l'échelle de *Reaumur*, celui de l'échelle de *Fahrenheit*, & outre celà la quantité de la correction qu'on doit faire à la hauteur du Barometre: ſavoir en *plus*, ſi le Thermometre eſt au-*deſſous* de 55° de Fahrenheit; ou, en *moins*, s'il eſt au-*deſſùs* de cette temperature moyenne (N° 257. & ſuivans).

349. Il eſt fort à-propos d'avoir, auſſi, le ſommet, ou bout ſuperieur du tuyau de ces Barometres, tout-à-fait à découvert: comm' on l'a averti au N° 193, en pratiquant le trou qui laiſſe voir, s'il y a, ou non, quelque bulle d'air introduite dans le tuyau, avant de ſuſpendre l'inſtrument dans ſa place.

350. Pour ce qui regarde le reſervoir, & la partie inferieure de ces Barometres, elle a l'apparence de la fig. 42, & ſon interieur eſt décrit dans le N° 324, & ſuivans: mais il n'eſt pas neceſſaire

d'avoir plus que la vis *c* : car, en effet, la ſeconde vis, ou rondelle *e e*, décrite dans le N° 196, n'eſt point d'utilité dans les Barometres dont il s'agit à preſent.

351. Il ſeroit, cependant de quelque ſervice qu'il y eut un petit entonnoir d'ivoire, au dedans duquel la clef *n* (fig. 41 & 42.) fit ſon office. Car, ſi l'on oublie de fermer cette clef *n*, lorſqu'on a obſervé la colonne du mercure, par exemple, à 31 pouces: & il arrive, que l'atmoſphere devient fort legere, en ſorte que le mercure deſcende, juſqu'à 28 pouces, par exemple; il ne manquera pas d'en ſortir quelque part du Mercure. Mais, dans un cas pareil, c'eſt l'obſervateur, & non pas l'inſtrument, qu'on doit blamer pour celà: d'ailleurs, on y peut remettre, en tout tems, au tant de mercure, comm' on en a perdu, ſans la moindre inconvenience.

352. Comm' il eſt plus commode d'avoir ces Barometres ſuſpendus dans une muraille: j'ai crû neceſſaire d'employer la petite potence de metal *a c d* (fig. 47.), qui tourne ſur ſon petit axe vertical *c d*, dans les deux anneaux de la plaque *e c b o d*, fixée à la muraille par les quatre vis, dont on voit les trous dans la figure. Car ces Barometres ont également une fente oppoſée à la partie ſupérieure du tube, pour voir, à travers de lui, la ſurface du mercure, comm' on l'a dit au N° 206. Cette petite potence a un crochet à ſon bout *a*, du quel eſt ſuſpendu librement le Barometre par l'anneau qui eſt à ſon ſommet. Ainſi, il eſt aiſé de mettre toujours le Barometre contre le jour: & d'obſerver en contact la curvature ſupérieure de la ſurface du mercure avec l'anneau du petit tuyau, comme je l'ai dit au N° 203 & 206.

Sur les Obſervations Météreologiques.

353. La maniere de faire les obſervations avec ces Barometres, eſt la même qu'on a dejà expliquée, en traitant du Barometre, pour obſerver la hauteur des montagnes. On commence par mettre la ſurface intérieure du mercure dans le petit tube *b* (fig. 42.), au *zero* de l'échelle, comm' on l'a dit au N° 203. Enſuite, on obſerve la ſurface ſupérieure (N° 206): & après celà, on paſſe à faire la correction de la temperature actuelle, qui doit être *additive*, lorſque le Thermometre eſt au-*deſſous* de 55° de Fahrenheit; ou *ſouſtractive*, lorſqu'il eſt au-*deſſùs* du même degré. *Voyez le N° 257 & ſuivans.*

354. Toutes les fois que les hauteurs du Barometre ne s'éloignent pas trop de 30 pouces Anglois, à peine aura-t-on beſoin d'autre calcul pour reduire les obſervations à la temperature moyenne de 55° de *Fahrenheit*, que la correction qu'on trouve dans l'échelle troiſieme deja expliquée au N° 257. Mais lorſqu'il y aura au-delà d'un *demi-pouce* de différence, ce qui arrive rarement, il faudra employer la methode expliquée dans le N° 265: ou autrement faire l'analogie, dont j'ai parlé au N° 259.

355. D'ailleurs, cette échelle ne montre que des *centiemes* du pouce Anglois; tandis que le *Nonius* de ces Barometres pouſſe l'exactitude des obſervations juſqu'à des *milliemes* de pouce: & celle-ci eſt une raiſon de plus, pour que tout obſervateur exact n'employe d'autre methode que celle du calcul, même dans les obſervations météorologiques: *Voyez l'idée du météreographe perpetuel de ma conſtruction*, dans le N° 373.

Sur les Prédictions du Barometre.

356. Je ne dirai que peu de mots ſur les obſervations qu'on fait avec cet inſtrument, pour prédire, ou connoitre d'avance, les changemens du tems. Les Artiſtes marquent ordairement ces changemens, comme ſuit:

Les **FRANÇOIS.**

vis-à-vis les pouces François	28½	très ſec
	28	ſerein
	27½	variable
	27	orage
	26½	tempête

Les **ANGLOIS.**

vis-à-vis les pouces Anglois.	31	very dry	*très ſec*
	30½	ſet fair	*beau durable*
	30	fair	*beau tems*
	29½	change	*variable*
	29	rain	*de la pluie*
	28½	much rain	*beaucoup de pluie*
	28	ſtormy	*orageux, ou tempête*

357. Mais on ne doit pas trop compter ſur ces prédictions du Barometre; car elles ne ſont rien moins qu' infaillibles. Cependant on trouve pour la plupart: que, ſi le mercure *monte* dans le Barometre, celà annonce du *beau tems:* &, au contraire, lorſqu'il *deſcend*, le tems ſe met au *mauvais*. En effet, celui-ci eſt un probleme ſi compliqué dans la phyſique; les cauſes concomitantes en ſont ſi nombreuſes, ſi variées, & ſi peu aſſujetties à l'examen de nos ſens; que, peut-être, on ne ſera jamais à même de le reſoudre, au-delà d'un certain degré de probabilité.

A. Il faut, neanmoins, ne pas mépriſer des probabilités dans les affaires de la vie humaine : car, réellement, ce n'eſt pas notre partage d'en avoir des évidences, que ſur un très petit nombre de connoiſſances abſolues de pratique : & nous ſerions bien-tôt aſſoupis, tout-à-fait, dans l'inaction & dans l'ennui, ſans le ſupport de la probabilité, pour établir l'eſpérance de reuſſir dans nos entrepriſes.

B. Ainſi l'on employe le Barometre fort avantageuſement, & très ſouvent, avec un grand ſuccès, pour connoître d'avance, ſur mer, les changemens du tems, & même les orages paſſagers : afin de pouvoir preparer, comm' il faut, les voiles & les arrangemens néceſſaires du vaiſſeau : & d'éviter, autant qu'il eſt poſſible, les funeſtes conſequences d'un mauvais tems ſoudain.

Application des nouveaux Barometres aux Obſervations ſur Mer.

358. Quoique je parlerai plus bas (N° 363.), des Barometres marins inventés par le Dr. Hook, qui, en effet, ſont fort commodes pour être employés ſur mer : il ſera à-propos de donner ici la methode, par la quelle mes nouveaux Barometres peuvent être employés également au même uſage, ſans devenir inutiles aux obſervations pour meſurer des hauteurs. De façon qu'on pourra les employer comme *marins*, tandis qu'on ſera à bord du vaiſſeau : & enſuite, on pourra aller faire ſur terre, toute autre eſpece d'obſervations, avec les mêmes inſtrumens. Pour remplir ce double objet, il faut employer les moyens ſuivans, dont j'ai promis de parler ci-deſſus au N° 342, *C.*

A. En premier lieu, il faut avoir un autre ſuſpenſoir plus ferme que celui répreſenté par la *fig.* 41, qui ne pourroit pas ſe ſoutenir, & ſeroit renverſé par les mouvemens violens du vaiſſeau. Ce ſecond ſuſpenſoir n'eſt qu'une boëte, en forme d'une pyramide quarrée, dont la baſe eſt, pour le moins, auſſi grande que ſa hauteur : celle-ci eſt d'environ les deux tiers de la hauteur *K c* du Barometre (fig. 41.) : &, par conſequent, il doit avoir ſon eſſieu (N° 194.) un peu plus haut que la *fig.* 41 ne le ſuppoſe. Dans ce cas, le ſecond eſſieu, dont j'ai parlé au N° 232, n'a pas beſoin d'être mis auſſi bas qu'il y eſt dit. On met le cercle mobile pour cette ſuſpenſion, dont j'ai parlai au N° 194, à la partie ſupérieure de cette boëte pyramidale : & on y employe deux vis, ou des chevilles, pour aſſujettir les deux bouts de l'axe du Barometre, de

façon

façon qu'il n'en puiſſe ſortir de ſoi-même, par aucun mouvement accidentel.

B. La *ſeconde circonſtance* doit être celle d'entourer la boëte du reſervoir *n c* (fig. 41.) avec un couſſin rond & bien mou, à fin d'amortir les coups, qu'il peut être forcé de recevoir en frappant contre la ſurface intérieure de la caiſſe, ou ſuſpenſoir pyramidal, lorſque les mouvemens violens du vaiſſeau le font frapper d'un coté & de l'autre. Car, malgré l'attention qu'on doit avoir à rafermir & arrêter, tout-à-fait, l'inſtrument dans le tems d'orage: il peut arriver, qu'on s'oublie d'employer cette precaution. Meſſieurs Nairne & Blunt, & Mr. Dollond auſſi, qui ont fait de ces Barometres avec beaucoup de perfection, & dont les poſſeſſeurs furent fort ſatisfaits, tacherent d'appliquer toujours un poids conſiderable au bout de la boëte *n c* (fig. 41.) du reſervoir: pour rendre ce Barometre moins vacillant, & aſſez ferme, contre les impulſions du tangage du vaiſſeau. Cette précaution eſt fort bien fondée: & rien n'empeche pas de la pratiquer dans le cas, dont il s'agit actuellement.

C. En *troiſieme lieu*, il faut ajouter une petite piece d'ivoire, (*voyez la fig*. 46. *e*), au bout inférieur *e* du tuyau (fig. 48.), qu'on y cimentera (Nº 331.), & qui aura un petit trou *e*, d'un *vingtieme* de pouce avec une valve *b c*: à fin que le mercure n'ait pas trop de liberté pour pouvoir être mis en mouvement tout d'un coup. L'objet de cette addition n'eſt pas uniquement pour empêcher le mercure de frapper trop fortement contre le bout *K* (fig. 41.); car, outre le moyen que je viens d'indiquer, on pourroit prendre encore un autre, que j'ai vû pratiqué il y a long-tems, & qui ſe trouve quelque part dans un Journal François, comm' une choſe nouvelle. Ce moyen conſiſte à faire un rétreciſſement au bout ſupérieur du tuyau, comm' on le voit repreſenté dans la *fig*. 49. *a*. Réellement, ce rétreciſſement empêche que le mercure ne caſſe point le bout ſupérieur *K* (fig. 41.) du tuyau, lorſqu'il y frappe avec violence. J'employe, quelquefois, de ces tuyaux avec grande avantage, en mon opinion, dans quelques uns des Barometres, que je fais executer ſous ma direction.

D. Mais, à l'égard du *Barometre marin*, il faut avoir attention avec plus de particularité à la fermeté, ou, pour mieux dire, à l'immobilité, s'il eſt poſſible, du mercure dans le tuyau du Barometre. Car à moins d'avoir cette qualité, il eſt très difficile de determiner la hauteur vraie du mercure, qui repreſente la preſſion de l'atmoſphere & ſans avoir l'inſtrument preſqu' auſſi fixé & auſſi tranquille comme lorſqu'il eſt ſur terre, on aura de la difficulté à en reconnoitre les variations.

359. Pour mieux obtenir cette qualité dans le Barometre marin, j'ai fait pluſieurs eſſais ; & je crois l'avoir fort approché de la perfection dont on a beſoin, par le moyen de la piece ci-deſſus, dont je viens de parler, qui eſt repreſentée par la fig. 46, *a*. Elle conſiſte proprement en deux valves, miſes à angle droit l'une de l'autre, dont la coupe, ou ſection horizontale de la *fig.* 55, fait voir toutes les deux, tandis que la ſection *verticale* de la figure 46, *a*, ne peut pas montrer qu'une ſeule. Ce ne ſont proprement que deux lentilles d'ivoire, renfermées chacune dans une capſule, ou petite boëte de la même matiere, viſſée dans la même piece. Chaque capſule a un petit trou d'environ un vingtième de ligne ; & c'eſt par les deux trous que le mercure du reſervoir *vcvooo* (*fig.* 48.), communique avec celui au-dedans du tuyau.

A. Il eſt très aiſé de concevoir, que ces deux valves lenticulaires doivent laiſſer paſſer franchement le mercure, en montant ou deſcendant entre le tuyau & le reſervoir ; parcequ' étant plongées dans un fluide, dont la peſanteur ſpecifique eſt infiniment plus grande que la leur, elles doivent être conſtamment pouſſées en haut, au-dedans de leur capſule ; &, par conſequent, doivent laiſſer un paſſage libre tout à l'entour, pour que le mercure obeiſe à la preſſion lente & graduelle de l'atmoſphere. Mais auſſitôt qu'il y aura le moindre mouvement rapide & ſoudain dans le mercure, par le tangage du vaiſſeau dans un ſens ou dans l'autre, elles doivent être pouſſées d'abord contre le trou reſpectif, & le boucher tout-à-fait ; & ſi, par hazard, les valves ou lentilles reſtoient long tems, bouchant, par leur contact, les trous reſpectifs, il ſuffiroit de frapper doucement le Barometre avec le doigt (N° 203.), pour que le paſſage ſoit ouvert de ſoi-même.

B. Il faut remarquer, que c'eſt pendant le beau tems, qu'on a beſoin de ces obſervations ſur mer, pour prévenir & faire les diſpoſitions neceſſaires, à l'égard du mauvais tems qui va venir. Car pour ce qui regarde la prédiction du *beau tems*, pendant la tempête, elle ne tire pas à conſequence : je veux dire, quoiqu'on ſeroit bien aiſe de le ſavoir d'avance, on n'a pas la moindre neceſſité de préparer le vaiſſeau pour le recevoir. Au contraire, lorſque le mauvais tems va venir, cet inſtrument ne manque pas d'en donner des ſignes aſſez ſenſibles, en deſcendant, dans peu de tems, fort au-deſſous de ſa hauteur ordinaire : & celà bien avant que la tempête eclate. De façon qu'on peut arranger les voiles, & prendre les autres précautions néceſſaires, pour mettre le vaiſſeau en état de ſupporter l'orage moins déſavantageuſement.

C. On voit bien d'après cette reflection, que l'obſervation de ces Barometres, ne peut pas avoir la moindre difficulté ſur mer, pendant le tems qu'elle eſt plus importante & néceſſaire. Même, en ſuppoſant que le tangage du vaiſſeau produiſe quelque mouvement dans la hauteur du Barometre ; il n'y a qu'à regarder les deux extremités de ce mouvement : c'eſt-à-dire, qu'elle eſt la plus *grande*, & la plus *petite* hauteur du mercure au-dedans du tube : & prendre la moitié, ou la moyenne de ces deux extremités, pour avoir la vraie hauteur actuelle, cauſée par la preſſion de l'atmoſphere.

360. Or, pour ces obſervations, il ne faut pas qu'un peu d'attention à examiner ſouvent, ſi la hauteur du Barometre ſe ſoutient, ou non, comm' auparavant : ſans qu'il ſoit neceſſaire pour celà d'ouvrir le reſervoir, ni avoir aucun égard au *zero* de l'échelle ; c'eſt-à-dire, ſans examiner, ſi la ſurface inférieure du mercure en *b* (fig. 42.), ſe trouve, ou non, en contact avec l'anneau du petit tuyau, comm' on l'a dit au N° 204.

A. Tout au contraire, on doit tourner la vis *b* (fig. 41.), de la droite à la gauche, juſqu'à ce que le mercure deſcende à l'endroit *dooof*, où le reſervoir a la plus grande largeur horizontale : car, alors les hauteurs de la colonne mercurielle ſeront plus ſenſibles dans la partie ſupérieure ; tandis que, dans l'autre cas, elles n'y paroîtroient que de moitié, comme dans un vrai ſiphon. Il eſt preſqu' inutile d'ajouter encore, que le même Barometre peut ſervir dans la ſuite aux obſervations ſur terre, pour meſurer des *hauteurs*, comm' on l'a inſinué au N° 358.

B. S'il ne s'agiſſoit que d'avoir des Barometres deſtinés uniquement aux obſervations ſur mer, je ne balancerois pas à recommander le *Barometre marin*, inventé par feu Mr. Paſſement, que j'ai vû chez lui de ſon vivant à Paris, tandis que j'y fis mon ſéjour vers l'année

1758 ou 1759. On peut voir l'idée de ce Barometre dans l'ouvrage de Mr. de Luc, ſur les *Modifications de l'Atmoſphere*, N° 61, *Note a*. Mais je ſuis charmé d'apprendre, depuis peu, que Meſſieurs Nairne & Blunt ont travaillé ſur cet objet, avec un ſuccès extraordinaire: & que différens Barometres marins de leur nouvelle conſtruction, étant eſſayés ſur mer, ont parfaitement repondu à leur expectation. Je ne ſais pas encore, en quoi conſiſte la conſtruction nouvelle de ces Meſſieurs, dont les talens ſont aſſez connûs pour ne pas nous douter de leur ſuccès. Auſſi-tôt qu'ils decouvriront leur methode, je ne manquerai pas de l'annoncer au public, dans la premiere occaſion, pour le ſervice & avantage des marins. *Voyez le* N° 363. ſur les petits Barometres Marins du Dr. Hooke, perfectionnés depuis peu.

Declaration de l'Auteur.

361. Il me reſte à dire encore un mot ſur *mes Barometres*, & ſur *mes Tables*, pour le calcul des hauteurs. Quant aux premiers, je conjure le lecteur de ne pas les confondre avec ceux de l'eſpece, que j'ai citée au N° 190; quoiqu' en effet ils ont différentes circonſtances & proprietés, qui leur ſont communes. Les Barometres que j'appelle de *mon nom*, je le repete, ſont uniquement ceux qui ont les qualités décrites dans le N° 180, dans les cinq numeros ſuivans, dans ceux cités au N° 185, & dans les N°s 341, 342, 358, 359, & 360. Les Philoſophes, amateurs de cette branche de phyſique, jugeront, ſi les avantages que je leur ai fournis, par ma conſtruction de ces inſtrumens, ſont aſſez importans pour les employer dans leurs obſervations. Je le crois, il eſt vrai, tels; mais je ne prétends point être infallible dans mon jugement. Mon but étant celui de pouſſer cette eſpece d'obſervations, au plus haut degré de perfection, dont j'étois capable; j'ai conſideré, qu'il étoit à-propos de reveiller l'attention du public, par le titre de la Nouveauté. Dans le fond, il m'eſt fort indifférent, ſi cette mon opinion eſt, ou non, généralement adoptée: & je me ſuis déja aſſez declaré, ſur le mérite des *inventions* (dans la Note F. de mon *Traité ſur les Octans*), pour ne pas avoir beſoin de répéter ici les mêmes ſentimens.

362. Pour ce qui regarde les deux *tables décimales* du N° 262 & 284, j'ai bien ouvertement déclaré de les avoir formées ſur les principes, établis par les experiences & obſervations de Mr. le Chevalier

Shückburg. Cependant mes deux tables ſont compriſes en 18 lignes ; & à peine occuperoient-elles une demi-page, ſi je les mettrois enſemble, l'une à coté de l'autre ; tandis que celles du dit Chevalier ne prendent pas moins de trois pages entières. J'ai employé auſſi les *Logarithmes*, au lieu des *Tables* que le même Chevalier eut la patience de calculer ſur celles des mêmes *Logarithmes*, & qui rempliſſent trois autres pages *in-quarto* de ſon *Mémoire :* parceque j'ai reflechi, que les *Tables des Logarithmes* ſe trouvent entre les mains de tout le monde ; & qu'il ne s'agit d'aucune autre opération, que d'y chercher ſimplement *deux* nombres (ſur quoi il n'eſt pas poſſible de ſe méprendre) ; & d'en ſouſtraire l'un de l'autre, pour en avoir le réſultat ; ce que tout le monde eſt en état de faire par ſoi-même, & ſans aucun autre ſécours. Enfin, j'ai donné toute l'opération du calcul, d'une hauteur obſervée avec le Barometre, en employant la Table du N° 303. que le même Chevalier rendit publique, comme *particulièrement commode.* Le lecteur pourra juger, d'après les opérations de cet exemple ; ſi la *premiere* methode n'eſt pas bien plus aiſée que la *ſeconde*, dans la plupart des obſervations : c'eſt-à-dire, dans celles qui ne ſont pas exactement dans les *onze cas*, exprimés par la Table ; comme je l'ai dejà remarqué ci-deſſus, au N° 313.

Des petits Barometres Marins du Dr. Hook.

363. Après avoir donné la deſcription & uſages de mes Barometres, je ne balancerai point à ajouter ici un précis de la conſtruction de quelques autres, qui ont des avantages particulièrs. C'eſt ce que je vais faire d'autant plus volontiers, que je ne m'écarterai point de mon ſujet, & moins encore du but principal pour lequel j'écris ; à ſavoir, celui d'être utile au Public ; objet infiniment plus précieux, dans mon opinion, que celui de lui plaire, par la diſpoſition de mes materiaux, unité de mon ſujet, ou agrémens de l'élocution & pureté du language. Celles-ci ſont des qualités, aux quelles je n'ai jamais eu la moindre pretenſion ; parceque j'ai ſenti aſſez de bonne heure, que toute la gloire de les poſſeder n'étoit que trop futile, & ne valoit pas la peine de me tourmenter la patience pour tacher de les acquerir. Je commencerai, donc, par le *petit Barometre Marin*, inventé par le Dr. Hook, au commencement de ce ſiecle. Cet inſtrument méritoit, en verité, un ſort meilleur que d'avoir tombé dans un oubli preſque total, comm' il l'eſt actuellement, malgré les

grands avantages, que pluſieurs Navigateurs de réputation ont éprouvé, en l'employant, à bord de leurs vaiſſeaux, pour connoître d'avance l'approche des orages & tempêtes, lors même que cet inſtrument n'étoit pas auſſi perfectionné comm' il eſt aujourd'hui.

363. *A*. Ce Barometre conſiſte dans un *Manometre* mis à coté d'un *Thermometre*. Les expanſions de l'air renfermé dans le Manometre, cauſées par la chaleur de l'atmoſphere, tandis que ſa péſanteur ſe trouve à une hauteur connue, y ſont marquées par les mêmes nombres des degrés du Thermometre. Ainſi toutes les autres différences de la péſanteur de l'atmoſphere, qui arrivent dans la ſuite, doivent faire *monter* ou *deſcendre* le Manometre au-delà du degré qui correſpond à celui montré par le Thermometre. Je vais donner la deſcription de cet inſtrument, avec les perfectionnemens qu'on a fait en Angleterre au Manometre, aux quels je viens d'ajouter la circonſtance avantageuſe de le rendre portable. Il n'y a qu'à comparer cet inſtrument avec celui décrit par le Dr. Déſaguliers, dans ſon *Cours de Philoſophie*, dont Mr. de Luc avoue, neanmoins, l'utilité pour les obſervations ſur mer (N° 61. de ſon Ouvrage ſur les *Modificat. de l'Atmoſphere*): & l'on ſera convaincu, que celui-ci eſt infiniment ſupérieur.

363. *B*. Soit *f i n k* (fig. 57.) un Thermometre de mercure d'environ 13 ou 15 pouces en longueur. La boule *k* peut être recourbée en arrière (ſi l'on veut), & reſter cachée entre le faux-fond du chaſſis. L'échelle *i n* de ce Thermometre doit être graduée, pour le moins, dès la *glace* (32° de Fahrenheit) juſqu'à la plus *grande chaleur* de l'été, ou même juſques au degré 90 de la même échelle. *Voyez le* N° 242. *ſur la poſition du bout de la tige du Thermometre.*

363. *C*. Le Manometre eſt compoſé de deux tuyaux *a c* & *b d*: le premier a un boule *a*, qui peut être également recourbée & cachée par derrière le faux-fond. Ce tuyau eſt étroit, & du même calibre que l'autre *b d*: tous les deux ſont cimentés (N° 331.) à deux embouchures coniques de bois dur, qui communiquent avec le reſervoir *e*; dont le robinet *c* peut empêcher la communication avec le tuyau *a c*, lorſqu'on le tourne en bas; c'eſt-à-dire, dans la poſition contraire, repreſentée par des points dans la *figure* 57. Le tuyau *b d* communique toujours avec le reſervoir; mais il a une embouchure d'ivoire, ou de bois dur, en forme d'entonnoir en *b*, qui peut être

fermée à volonté, avec un bouchon de la même matière. Il y a une échelle fixe tout-au-long, entre ces deux tuyaux, qu'on doit diviſer, comme je vais le dire : & un autre échelle *m s*, qui eſt mobile dans la rainure *a c :* celle-ci eſt de trois pouces, diviſées en *dixiemes* ; & marquée par les numeros 31, 30, 29 & 28.

363. *D.* Le reſervoir *e* a un ſac de peau, qui eſt ſitué lateralement, & qui peut être pouſſé vers *e*, en tournant la clef *g*. La boule *a* doit être d'une grandeur telle, que l'air, contenu dans ſon creux à la température de la *glace*, ne puiſſe avoir une expanſion plus grande, que la capacité de ſon tuyau *n c*, moins environ 3 pouces. On remplit donc le tuyau avec du mercure, tandis que le Thermometre eſt à 32°, laiſſant la boule *a* pleine d'air : on en met aſſez dans le reſervoir *e*, en ſorte que tournant la clef *g*, il puiſſe monter dans le tuyau *b d*, juſques vis-à-vis la ſurface du mercure en *n*, ayant toujours le robinet ouvert, pour qu'il communique avec le reſervoir. On fait changer graduellement la temperature de la chambre, ou de la boëte, où l'on fait l'opération ; marquant ſur l'échelle *x z*, qui eſt entre les tuyaux *n c* & *b c*, les mêmes degrés montrés par le Thermometre *k f :* & ayant ſoin de tourner le clef *g*, en ſorte que le mercure en *b d*, ſoit toujours à la même hauteur de celui, qui eſt dans l'autre tuyau *n c* ; parceque, ſans cette circonſtance, il y aura de l'erreur dans la vraie expanſion, que l'on croiroit être toute cauſée par la chaleur dans le Manometre. Après avoir diviſé la grande échelle *x z* entre les deux tuyaux *n c* & *b d* ; on doit mettre un *index*, ou aiguille *t*, dans l'échelle mobile *m s*, exactement au *même* pouce, & *dixième* ou *centième* de pouce, où ſe trouve le Barometre ſimple, tandis qu'on fait l'opération, dont on vient de parler.

363. *F.* Le chaſſis de cet inſtrument doit être garni d'un verre, en forme de porte, pour pouvoir l'obſerver, ſans cauſer aucune variation dans le Manometre, par la haleine de l'obſervateur. C'eſt par cette raiſon qu'on laiſſe, au dehors, la clef *g* ; & qu'on pratique une autre *b*, pour hauſſer ou baiſſer l'échelle *m s*, ſans ouvrir la porte qui renferme l'inſtrument. Voici, à preſent, la pratique des obſervations. 1°, Tournez la clef *g*, juſqu'à ce que le mercure dans les deux tuyaux *n c* & *b d*, ſoit préciſement à la même hauteur. 2°, Examinez le degré du Thermometre dans l'échelle *i n*. 3°, Mouvez par l'anneau *b* l'échelle *m s*, juſqu'à ce que l'aiguille *t* ſoit vis-à-vis le même degré dans l'échelle *x z* du Manometre. 4°, Si l'aiguille *t* coincide exactement

ment avec la ſurface du mercure du Manometre, c'eſt une marque que la peſanteur ou preſſion de l'atmoſphere eſt la même, dans la quelle cet inſtrument fût conſtruit, qui eſt celle, où l'aiguille ſe trouve placée dans cette échelle; autrement la différence réelle de cette preſſion, paroitra par les pouces, & parties de pouce de cette échelle *m s*, vis-à-vis leſquelles ſe trouvera pour lors le mercure.

363. *F.* Enfin, lorſqu'il s'agit de tranſporter cet inſtrument, d'un endroit à un autre quelconque, il n'y a qu'à tourner en bas le robinet *c*, pour que l'air qui eſt dans le tuyau *n c*, ne puiſſe pas s'échapper: & pouſſer le mercure du reſervoir *e*, juſqu'à peu de diſtance de l'embouchure *b*, par le moyen de la clef *g*. On le bouchera avec le bouchon qui lui appartient: & l'inſtrument ne pourra point être derangé dans ſon tranſport, pourvû que le robinet *c e* ſoit auſſi bien arrangé qu'il le faut. Monſ. Adams, artiſte fort intelligent & très connu de cette capital, vient d'entreprendre la conſtruction de ces inſtrumens, ſelon que je viens de la décrire: & je me flate, qu'on les adoptera deſormais avec grand avantage pour les uſages de mer.

N.B. Pour ce qui regarde le mouvement, cauſé par le tangage dans le mercure de ces petits Barometres marins, il n'eſt jamais fort conſiderable; & en y appliquant ce que j'ai dit au N° 359, *C.* on n'aura pas la moindre difficulté à reconnoitre la vraie variation, qui y eſt cauſée par la peſanteur de l'atmoſphere. Si le maître de chacun de ces Barometres avoit la curioſité de marquer, ſur l'échelle *a e*, avec un crayon, la hauteur du mercure, lorſqu'il ſe trouvoit dans quelques orages ou tempêtes; cette marque ſerviroit à l'avertir, avec plus d'efficace, des approches du danger.

Des Barometres appropriés à d'autres Objets de la Vie Civile.

364. Les avantages qui reſultent très ſouvent, de l'obſervation du Barometre, à toutes les perſones, dont les affaires & entrepriſes dependent, en quelque façon, de la qualité du tems, ſont auſſi importans & nombreux, qu'il eſt aſſez ſurprenant de voir le peu d'attention, qu'on prête en général à cet objet, dans la vie civile. Les fermiers, dans leurs labours, ſemailles, & recoltes, preſque tous les manufacturiers, les maſſons, les voyageurs, &, pour ainſi dire, tout le monde en général, ont très ſouvent un grand intérêt à connoître d'avance les

changemens, que le tems va faire dans la ſuite: & à cet égard, le Barometre ne manque pas d'en avertir, plus ou moins, de bonne heure.

364. *A.* Pour cette eſpece d'obſervations, plus l'échelle du Barometre ſera aggrandie, plus les différentes hauteurs de la colonne du mercure, déviendront ſenſibles, vis-à-vis de ceux qui n'ont pas aſſez de connoiſſances, ou de patience, pour les examiner par des obſervations delicates. Je vais donner en abregé la deſcription de quelques Barometres de cette eſpece, qui me ſemblent plus avantageux; ſans prendre aucune notice de pluſieurs autres, qui, ſelon moi, ne ſont pas ſi commodes dans la pratique.

Idée du Barometre de Deſcartes.

365. Le Barometre, inventé par le fameux Deſcartes, remplit aſſez bien ces vûes, malgré tous les défauts qui le rendent inſuffiſant pour les obſervations, qui demandent de l'exactitude. On en trouve la deſcription dans la *Aerometrie* de Wolf, propoſ. 28.: & dans l'ouvrage de Mr. de Luc, ſur les *Modifications de l'Atmoſphere*, N° 24. Soit le tube *a b* (fig. 51.), formé avec une eſpece de boëte, ou phiole cylindrique *c d f e*, d'un diametre beaucoup plus grand, à la hauteur ordinaire depuis 28, juſqu'au pouce 31^{me} au-deſsùs de ſon reſervoir *b g*. Mettez, au-dedans de ce tube, qui pour lors doit être renverſé, autant de l'*eſprit de vin*, ou même de l'*eau*, *coloré en rouge* ou *en bleu*, comme la partie *a c d* en peut conténir: mettez y enſuite du mercure, juſqu'à ce que tout le tuyau ſoit plein: bouchez le trou *b* avec le doigt; &, redreſſant le tuyau dans la poſition repreſentée par la *figure* 51, avec l'ouverture *b*, au-dedans du reſervoir *b g*, l'eau montera en haut, vers le tuyau *a c d*, tandis que le mercure, comme plus peſant, occupera ſeulement la partie inférieure, depuis environ la moitié du gros cylindre *c d f e*.

365. *A.* On conçoit bien que tous les changemens, correſpondans à la peſanteur de l'atmoſphere, dans ce Barometre, doivent paroître dans le tuyau *a c d*, par des eſpaces qui ſeront en raiſon inverſe des *quarrés* de ſon diametre pour *celui* du diametre de la phiole cylindrique *c d f e*. Ainſi l'on diviſera, ſelon cette proportion, une échelle au long de *a c*, où les variations du Barometre ſeront montrées par des

eſpaces fort grands. J'ai vû quelques uns de ces Barometres en Angleterre, qui avoient été produits par un jeune Philoſophe, comme une invention nouvelle, faute d'en connoître mieux. Ils ſont excellens pour l'uſage de la campagne.

N.B. On doit couvrir toute la partie inférieure depuis *b g*, juſqu'à *c d*, avec quelque tringle, ou bordure de boiſerie, non ſeulement pour le garantir des accidens; mais parceque le tuyau inférieur eſt ordinairement peu agréable à la vue, par le mélange des goutes de l'eau rouge qui y reſtent attachées.

Du Barometre à Cadran, ou à Poulie.

366. Le célébre Dr. Hook, contemporain du grand Newton, inventa le *Barometre à Cadran*, qu'on employe aſſez communement aujourd'hui: & qui, en effet a beaucoup de mérite. Il conſiſte dans un ſiphon *a b n* (fig. 56.) plein de mercure. Un petit poids, qui flote ſur le mercure de la branche inférieure *m* du ſiphon, eſt attaché par un fil, autour de la petite poulie *n:* & preſque contrebalancé par l'autre petit poids *o*, qui y eſt ſuſpendu par un autre fil, attaché à la même poulie. Cette circonſtance de la ſuſpenſion de ces deux poids par des fils différents, ſe pratiquoit en Angleterre bien avant que Mr. de Luc eut ſongé à écrire ſon Ouvrage, où il la recommende dans la Note *b* du N° 35. Car j'ai vû un vieux Barometre de feu mon ami le Dr. Knight, qui avoit été arrangé de cette manière, il y a, à cette heure, plus du 20 ou 30 ans.

366. *A.* L'aiguille *c d* eſt fixe dans l'axe, qui doit être très ſubtil, de cette poulie *n :* & elle même doit être très legère, & bien equilibrée à ſon centre. Quoique l'eſpace parcouru par le mercure dans la petite branche *m o* du ſiphon, ne ſoit que la moitié de celui montré par le *Barometre Simple*; l'aiguille *c d* montre, en effet, les variations du poids de l'atmoſphere ſur le cadran, par des eſpaces cinq ou dix fois plus grands; parcequ'ils ſont proportionels à la longueur du diametre *x z*, qui eſt tout-à-fait arbitraire.

Idée du Barometre diagonal, ou incliné,

367. Le Chevalier Moreland, Anglois, eſt l'inventeur du Barometre *incliné*, ou *diagonal*, dont on fait encore un grand cas aujourd'hui, comm' on peut le voir par le N° 67 du *Traité* ci-deſsùs de Monſ. de Luc. Ce Barometre montre auſſi, par des eſpaces fort grands, les variations de l'atmoſphere. Il eſt repreſenté par la fig. 54. Le tuyau *a n b c d* eſt plié en *n*; de façon qu'il forme la diagonale *n d*: & la perpendiculaire *d e* eſt égale à la différence entre la moindre & la plus grande hauteur du Barometre ſimple; c'eſt-à-dire, depuis 28 juſqu'à 31 pouces au-deſsùs du reſervoir *x a*.

367. *A*. On voit bien que, ſi l'on fait cette diagonale de 15 ou 21 pouces, le mercure y en doit parcourir cinq ou ſept, pour chacun du Barometre ſimple. Feu Mr. Horme, gentilhomme Anglois de Aſhby, en Lancaſtre, rendit bien plus commode cette eſpece du Barometre, en racourciſſant le tuyau *n d* juſqu'à *b*: & ajoutant, à coté du premier, deux autres tubes *f g h* & *x k l*, qui ſont plongés dans le même reſervoir *x a*, & dont les coudées correſpondent aux eſpaces *b c* & *c d*, comme la *fig*. 54 le montre, ſans avoir beſoin d'autre détail. Probablement cellui-ci eſt le perfectionement, dont le Dr. Deſaguliers parle (à la fin du N° 18 de la Leçon dixième de ſon *Cours du Phyſique*) comm' étant faite par Mr. Horme, dans le Barometre incliné; & non pas dans la préparation du mercure, comm' il le dit. Ce fut entre les papiers de feu Mr. Adams, & que ſon fil eut la bonté de me communiquer, que je trouvai cette belle idée de Mr. Horme.

Idée du Barometre Stéréometrique.

368. Je dois l'idée de ce Barometre à Mr. le Chevalier Marſille Landriani, gentilhomme Milanois, actuellement Profeſſeur de Philoſophie à Milan, qui en eſt proprement l'inventeur. Il eut la bonté de me communiquer la deſcription d'un Barometre nouveau de ſon invention, qui a l'avantage de pouvoir être employé comme Barometre ſimple, ou comme celui à ſiphon de Monſ. de Luc: & qui, en outre, peut montrer les différentes hauteurs de la colonne mercurielle, par les différences de la quantité, ou *maſſe du mercure*, qui les forme dans le tuyau. C'eſt à ce titre que je l'appelle *Barometre Stéréometrique*. Je ne m'arreterai pas à la deſcription totale de cet inſtrument; que

le Public peut recevoir bien plus avantageuſement de la main même de l'inventeur : d'ailleurs, il ne peut pas avoir place entre ceux, dont je traite actuellement, que ſeulement ſous ce point de vue : c'eſt-à-dire, à titre de rendre fort ſenſibles les moindres variations, dans la peſanteur de l'atmoſphere. Ainſi, je me flate que l'Inventeur ne trouvera pas mal, que je profite ſeulement de cette partie de ſon invention, qui a du report à mon ſujet, en y faiſant quelques petits changemens, que je crois plus avantageux pour le but, que je me ſuis propoſé.

368. *A.* Soit le tube *a b* (fig. 58.) recourbé en *b*, comm' un ſiphon ; où l'on a adapté une boëte, ou reſervoir d'ivoire *c*, avec un robinet *d*, fait de la même matiere, mais à double trou : c'eſt-à-dire, en ſorte qu'en le tournant horizontalement, il y ait une communication franche, entre le reſervoir *c* & l'interieur du tuyau *b a* ; mais, qu'en le tournant dans le ſens vertical, alors tout le mercure qui ſe trouve dans le reſervoir *c*, puiſſe ſortir au-dehors, & tomber dans l'entonnoir *e*. Cet entonnoir eſt cimenté à un tube de verre, d'un diametre fort petit & bien calibré, dont le bout *i* eſt ouvert & recourbé en haut, comm' on le voit dans la figure. Ce tuyau doit être cimenté ſur une petite planche *n z*, avec une échelle diviſée en 25^{mes}, ou même 64^{mes} de pouce.

368. *B.* On conçoit bien, d'après cette conſtruction, qu'après avoir rempli le tuyau *a b* avec du mercure : il n'y a que mettre l'entonnoir *e i* au-deſſous du robinet *d*, & y recevoir tout le mercure qui ſe trouve dans la boëte *c d*, à chaqu' obſervation. Ce mercure étant meſuré par l'échelle *n z*, à coté du tuyau *e i*, dont le diametre eſt cinq ou huit fois plus petit que le diametre du tuyau *a b* du Barometre, il doit montrer les variations 25, ou même 64 fois plus grandes que le Barometre ſimple.

368. *C.* Si l'on employoit un bon pair de balances pour peſer, à chaque fois, le mercure contenû dans le reſervoir *d e*, on pourroit pouſſer encore plus loin l'agrandiſſement ſenſible de ces variations. Et enfin, ſi l'on formoit un gros cylindre *f g* au bout ſupérieur du tuyau *a b*, depuis les 28 juſqu'aux 31 pouces au-deſsùs du fond du reſervoir *c*, qui en doit avoir le même diametre, ou encore bien plus grand, on pourroit pouſſer cette exactitude fort au de là des *milliemes* de pouce.

N. B. Lorſqu'on aura fait l'obſervation, on devra tourner le robinet *d* horizontalement ; & l'on remettra le même mercure dans le reſervoir *c d.*

Idée d'un nouveau Barometre Sectoral.

369. Il y a plus de 14 ou 15 ans, que j'ai penſé à cette nouvelle eſpece de Barometre, pour en rendre les variations très ſenſibles, ſans rien perdre de ſon exactitude ; & j'en communiquai l'idée à différens perſonnes capables d'en juger, qui me marquerent leur approbation. Soit le tuyau recourbé, ou ſiphon *e p o n a* avec du mercure, fixé par les attaches *p o n,* ſur la planche *a n o p e,* mobile dans le centre *n.* Cette planche a un petit bras *q,* où l'on voit deux têtes guillochées, dont l'une ſert à mouvoir l'inſtrument, parcequ'elle appartient à un pignon, qui engrene dans la rainure dentelée *r u* ; & l'autre appartient à une agraphe, pour arrêter l'inſtrument autant incliné, qu'on le veut. La grande planche *z y m b,* eſt coupée comm' un ſecteur tiré du centre *n,* où le Barometre tourne. Il y a une échelle *z y* tracée en portion de cercle, d'environ 30° ; & un niveau à bulle d'air *c m,* pour avoir toujours la ligne *t s n,* perpendiculaire à l'horizon : enfin, il y a auſſi un tuyau *b n,* à double loupe, avec une croix filaire au centre *n,* pour obſerver, ſans paralaxe, la ſurface inférieure *n* du mercure. C'eſt à cauſe de la figure de cette planche en forme d'un *Secteur,* que j'appelle ce nouveau Barometre *Sectoral.*

369. *A.* Il eſt evident, par cette conſtruction, que l'échelle de ce Barometre deviendra d'autant plus grande que l'arc *z y,* ſera décrit à une plus grande diſtance du centre *n.* Car, pourvû que *t n* ſoit de 31 pouces, pour que le *ſinus verſe t s* ſoit de trois pouces ; il n'importe guères à quelle diſtance ſe trouve le Nonius *e.* Ainſi, lorſque la peſanteur de l'atmoſphere ne fait pas monter le mercure qu'à 27 pouces (égal au co-ſinus *s n* de l'angle *t n x,* qui eſt de 29° 25′ 44″) il faudra incliner aſſez le Barometre, pour que la ſurface ſupérieure du mercure ſoit à la hauteur de la ligne *s x,* qui eſt le *ſinus* de l'angle *t n x* : & cette ſurface ſupérieure n'y ſera jamais, à moins, que la ſurface inférieure dans la petite branche *a n,* ſe trouve exactement au même point *n.*

N. B. Les petites différences qui peuvent reſulter de l'inclinaiſon du tube, où le mercure doit avoir une ſurface plus ovale, que quand le même tube eſt perpendiculaire à l'horizon, ſeront aiſées à remedier dans la pratique, en formant une table de ces corrections, s'il y en a, pour chaque inclinaiſon, &c.

369. *B.* Lorſque la hauteur du mercure eſt de 28 pouces, l'angle du Barometre doit être de 25° 24′ 53″ : à la hauteur de 29 pouces, cet angle doit être 20° 41′ 38″ : & à la hauteur de 30 pouces, il ne doit être que de 14° 35′ 35″. Il eſt fort aiſé de calculer tous les autres angles intermediaires pour chaque *dixieme*, *centieme*, & *millieme* de pouce ; c'eſt-à-dire, tous les *co-ſinus* correſpondens à ces hauteurs, depuis l'angle ci-deſſus de 29° 25′ 44″, juſqu'au rayon de 31 pouces : de façon qu'ayant formé une table de la valeur de tous ces angles, & ayant ajouté un *Nonius* (*e*), pour gliſſer ſur l'arc de l'échelle *z y*, on y reconnoitra la vraie hauteur du Barometre, avec la plus grande exactitude.

369. *C.* Autrement on peut ſe contenter de ſuppoſer la hauteur de 31 pouces, diviſée en 100,000 parties ; & dans ce cas, il n'y a qu'à employer les Tables des *ſinus naturels*, en marquant les 27 pouces, par 6° 34′ 16″ (ou ſimplement 60° 34′, en mépriſant les *Secondes*) ce qui eſt le *co-ſinus* de l'angle 29° 25′ 44″, & ainſi de ſuite, pour toutes les autres hauteurs ; mettant ſur l'échelle *z y* le nombre des degrés, qui ſuivent juſqu'au *ſinus total*. Ainſi, lorſque le *Nonius* qui ſe trouve en *e* (fig. 59.) marque, par exemple, 60° 34′, le *ſinus* de cet angle eſt 87093 : c'eſt-à-dire, $\frac{87093}{100000}$: donc, ſi l'on ſuppoſe 31 pouces diviſés par 100000, il n'y a qu'à multiplier ſon quotient ,00031 par 87093, & le produit 26,99883 donne la vraie hauteur de la colonne du Barometre. En général, il ne s'agira que de prendre à chaqu' obſervation, dans les Tables des *ſinus naturels*, le nombre correſpondant au ***degré*** & ***minute*** marqué par le *Nonius* ſur l'échelle *z y* (fig. 59.) : & les multiplier par la fraction conſtante ,00031, pour avoir le nombre de *pouces*, & des fractions de *pouce*, qui ſont alors la vraie hauteur du Barometre.

Idée du Barometre Statique.

370. Je finirai ce récit des *Barometres à grande échelle*, par le *Barometre Statique*, inventé par le Chevalier Moreland, ſavant Anglois, dont j'ai deja parlé ci-deſſus au N° 367, qui le preſenta au Roi Charles II. d'Angleterre. Ce Barometre a la ſingularité de montrer

les variations de l'atmoſphere, par des eſpaces doubles de ceux montrés par le *Barometre Simple.* Il eſt cependant aſſez extraordinaire, qu'aucun des Auteurs qui ont traité de ce ſujet, n'ayent point fait mention de cet inſtrument : du moins, je ne me ſouviens pas d'en avoir rencontré la deſcription imprimée aucune part : ni ai-je vû de ma vie plus que deux de ces Barometres, le ſeuls, peut-être, qui exiſtent aujourd'hui dans l'Europe. L'un en fut fait en 1760, par feu Mr. Adams, artiſte fort habile de Londres, pour le Roi actuel de la Grande Bretagne, alors Prince de Galles : & l'autre avoit été commencé, peut-être auparavant, par feu Mr. Jonathan Siſſon, artiſte célébre de cette Capitale. Je le trouvai, par hazard, très bien conſervé chez un particulier : j'en fis auſſitôt l'acquiſition : & je l'ai actuellement chez moi, tout-à-fait fini ſous mes yeux, avec quelques changemens, qui en rendent la conſtruction plus avantageuſe.

370. *A.* La fig. 53 repreſente le *Barometre Statique* dont je parle : *b d* eſt un tuyau de verre plein de mercure : avec une boule en *b*, pour fair evanouir l'effet de quelque petite bulle d'air, qui ſe trouve audedans. Le bout inférieur *f* eſt plongé dans le reſervoir *a d c f.* Vers le milieu de ce tube, ſe trouve une agraphe *g* de metal, par laquelle il eſt ſuſpendu au bout du bras, ou fleau de la balance *b l*, moyennant deux petites chaines de metal, comme celles des montres de poche, qui poſent ſur une portion de cercle *b g*, pour que la preſſion du tuyau barometrique ſoit toujours à la même diſtance du centre du fleau. L'autre bout *l* eſt formé ainſi en portion de cercle par la même raiſon, à fin que le contre-poids *k k* ſe trouve toujours à des diſtances égales.

370. *B.* L'aiguille, ou index *m n* de ce fleau, eſt auſſi contrebalancée par la boule *m* de metal ſolide, qui eſt viſſée au bout ſupérieur de cette aiguille. Le tout doit y être ſi contrebalancé, que l'on trouve un equilibre parfait dans toutes les poſitions ou ſituations de ce fleau. Il eſt eſſentiel de faire toutes ces pieces aſſez minces, pour en eviter le poids : mais comm' il faut auſſi qu'elles puiſſent tenir fermes, ſans plier en aucun ſens, on y a appliqué les deux fils de metal *z z z z* & *r r r r*, qui produiſent cet effet. Enfin l'axe du fleau *b l*, & de ſon aiguille *m n*, poſe ſur quatre roulettes, dont on voit les deux *e e* dans la *figure :* & il y a une échelle *p q* toute diviſée, ſur laquelle la hauteur du Barometre eſt montrée par l'aiguille *n*.

370. *C.* La manière la plus ſure pour regler ce Barometre, eſt d'attendre que la hauteur du Barometre Simple ſoit à 29 *pouces* & demi. Alors on ajoute autant de dragée de plomb dans la boëte *k*, comm' il faut pour que l'aiguille ſoit vis-à vis du milieu de l'échelle *p q*. On attend juſqu'à ce, que le Barometre Simple ſoit monté ou baiſſé d'un pouce : on y marque cette diſtance ſur l'échelle : &, l'on en diviſe le reſte par des portions pareilles, qu'on ſubdiviſe dans la ſuite, en *dixiemes* & *centiemes* de pouce, &c.

371. J'ai dejà avancé ci-deſsùs, que les hauteurs du mercure dans le Barometre Statique, ſont doubles de celles du Barometre Simple : c'eſt-à-dire, ſi l'on met une échelle *o g*, attachée au tube *b d*, on verra que le mercure y parcourt *deux* pouces, tandis que le Barometre Simple n'en monte, ou deſcend, qu'*un ſeul* pouce. La raiſon en eſt, parceque dans le Barometre Simple, la preſſion de l'atmoſphere, ſur le tuyau du Barometre, eſt ſoutenue par la baſe du reſervoir, ou de la planche, où il eſt monté ; de façon que le mercure qui y eſt dedans, reſte en équilibre, avec la preſſion qui agit ſur le mercure du reſervoir.

371. *A.* Mais dans le Barometre Statique, toute la preſſion ſur le tuyau n'eſt pas ſoutenue, que par l'équilibre du poids *k* : &, par conſequence, elle y doit agir avec une force double : de façon, que, ſi le poids *k* (fig. 53.) ſoutient le Barometre *b d* à 29 *pouces* de hauteur : il eſt evident, qu'en ajoutant une preſſion égale à celle d'un pouce de mercure en *b*, il faudroit ajouter une autre en *l* ou *k*, pour conſerver l'équilibre.

371. *B.* Mais comme le contrepoids reſte toujours le même, le tuyau doit s'enfoncer de cette quantité dans le reſervoir ; &, par conſequence, la colonne du mercure ne ſeroit plus haute qu'auparavant : c'eſt-à-dire, elle ne ſeroit alors que de 29 *pouces* au lieu de 30, qu'il y doit avoir ſelon la ſuppoſition. Il faut donc que, dans ce cas, le mercure monte encore *un* autre *pouce*. Par conſequence, il y parcourira un double eſpace dans le tube ; tandis que la vraie hauteur du mercure, au-deſsùs de la ſurface de ce qui eſt dans le reſervoir, n'eſt augmentée que d'un ſeul pouce ; comm' il eſt aiſé de s'aſſurer, en mettant un index *x* ſur la planche, à coté du tuyau *b d*.

371. *C.* Il eſt aiſé de concevoir, que plus le fleau *b l* ſera long & inflexible, plus il y aura d'exactitude dans le mouvement de ce Barometre ;

rometre; dans un cas pareil, on peut employer un eſſieu d'acier trempé, comme dans les balances ordinaires. De même, ſi l'aiguille eſt beaucoup plus longue, les diviſions de l'échelle *pq* deviendront beaucoup plus grandes : & enfin, ſi l'on forme le tuyau *bd*, comme celui de la *fig.* 58, en ſorte que les variations cauſées par la preſſion de l'atmoſphere, ſoient produites dans l'eſpace, où ſe trouve la boſſe *fg* (fig. 58.), on ſera alors plus ſur de l'effêt produit dans le fleau *bl*, & par conſequence de l'indication de l'aiguille ſur l'échelle *pq*.

372. L'horloge perpetuel, qu'on a fait à Londres, il y a quelques années, & qui reuſſit parfaitement bien, étoit conſtruit ſur le même principe du Barometre Statique. Deux grands vaiſſeaux de criſtal, dont l'un faiſoit l'office du tube *bd* (fig. 53.), & l'autre celui du reſervoir *acf*, étoient ſuſpendus par des chaines qui paſſoient ſur des poulies; & qui, avec leur mouvement, faiſoient remonter, par des rochets & encliquetages à propos, la force motrice de la pendule. Cette idée eſt fort heureuſe & très commode dans un inſtrument, ſi généralement neceſſaire, & ſi communement employé dans la vie civile, pour connoître les différentes portions de la méſure ſucceſſive du tems. Mais la méchanique moderne vient encore de faire, dernièrement, un autre pas ſemblable, à l'égard des montres de poche, dont il y en a dejà, qui n'ont pas beſoin d'être montées jamais, pour marcher continuellement; car elles les ſe remontent d'elles-mêmes par le ſimple mouvement, qu'elles reçoivent, étant portées dans la poche: & celà, ſans que leur forme, ni leur volume ſoient différentes des montres ordinaires. J'en ai eſſayé deux depuis peu, faites par Meſſrs. Spencer & Perkins pendant 28 jours: & j'en fus on ne peut plus ſatisfait. En raportant ces Idées aux obſervations météorologiques, je me trouve entrainé à communiquer celles, qui me ſont venues ſur cette matière, & qui font l'objet des articles ſuivans.

Idée d'un Météorographe Perpetuel.

373. Les obſervations météorologiques ſont, depuis un grand nombre d'années, l'occupation de beaucoup de Savans, & d'autres perſonnes, qui s'y employent, ou par leur propre curioſité, ou pour ſeconder le déſir & les grands vues des prémiers. Il n'eſt pas néceſſaire d'entrer ici dans le détail des avantages, qui réſultent de ces obſervations, qu'on ne peut pas trop multiplier dans toutes les diffé-

rentes poſitions des lieux, & climats du globe; car tout le monde eſt d'accord, que la combination & les réſultats de ces obſervations contribuent infiniment à l'avancement des connoiſſances humaines, relatives à la Phyſique Générale; & à celles qui ont du raport à la Médecine, par la grande influence, ou plutôt dependance, qu'il y a entre elles & les functions animales.

373. *A.* Il eſt cependant très certain, que les obſervations météorologiques ont encore quelques défauts aſſez conſidérables, à la plupart deſquels il ne ſeroit pas difficile d'apporter effectivement du remede; ſi les perſonnes, qui ſont à même de les pourſuivre, vouloient ſe donner la peine de généraliſer un peu plus leur plan. En prémier lieu, il faudroit avoir égard au nombre des objets intéreſſants dans la météorologie, dont les viciſſitudes journalières demandent d'être connues enſemble avec celles du *Barometre* & du *Thermometre*: & telles ſont la *qualité* & la *force* des *vents*: la quantité de de la *pluie*, de l'*humidité*, & de l'*évaporation*: la hauteur des *marées*, &c. Et en ſecond lieu, il faudroit ſavoir le vrai tems de ces phénoménes: c'eſt-à-dire, à l'égard de l'heure préciſe, dans laquelle ils ſont arrivés, de même que leurs variétés précédentes & ſubſequentes au terme principal de chacun. Car ce n'eſt pas aſſez de ſavoir, ſi, par exemple, le *Barometre*, ou le *Thermometre*, étoient à une telle hauteur, ou à un tel degré, dans la 8me, 9me, ou 12me heure du jour; mais auſſi, s'il y eut quelque autre variation ou changement conſidérable dans l'interval entre l'heure qu'on a marquée, & celle du jour ſuivant, ou l'autre du jour qui l'a précédé: & quel étoit le moment où chaque variation arriva.

373. *B.* L'inſtrument, dont je vais donner l'idée, produit les effets dont je viens de parler: & c'eſt par cette conſidération, que je l'appelle *Météorographe Perpetuel*: parcequ'il donne conſtamment les obſervations météorologiques pour chaque heure du jour: & celà ſans d'autre trouble que celui de le remonter au bout de la ſemaine, ou du mois: c'eſt-à-dire, au même tems qu'on remonte la pendule, qui lui ſert de regulateur. L'idée en eſt ſi ſimple & ſi aiſée dans la pratique, qu'il n'y a pas de perſonne tant ſoit peu curieuſe, qui ne puiſſe pas le faire arranger ſous ſes yeux, & à peu de frais, par un artiſte quelconque, même d'une capacité fort médiocre.

373. *C.* Je ſuppoſe *prémierement*, qu'il y ait une pendule ordinaire, qui aille huit jours, ou un mois, ſans être remontée. En *ſecond lieu*, que les inſtrumens météorologiques ſoient tels, que leurs degrés ſoient montrés par quelque piece, qui ait un mouvement vertical au long de leurs échelles, comme je le montrerai tantôt. Et en *troiſieme lieu*, que l'obſervateur ait une chambre, ou même un grénier, deſtiné uniquement à l'appareil de ces obſervations.

373. *D.* Soit une planche *a b* (fig. 60.) poſée ſur deux rouleaux *dm*, miſe contre la muraille, entre les deux tablettes *l c* & *d e* : *b f* eſt un cordon attaché par le bout *b*, à la planche, & par l'autre bout à la poulie *f*; un autre cordon également attaché à la poulie *f*, paſſe par la poulie *g*, & porte le poids *h* : qui eſt ſuffiſant pour faire trainer la planche *a b*, vers *f*. Soit à preſent le poids *i* de la pendule *k*, & qu'au fond de ce poids *i*, ſoit attaché un autre cordon, qui, paſſant par la poulie *n*, aille aboutir à l'axe, ou rouleau de la poulie *f*, mais dans un ſens contraire du cordon *b f*.; de façon que l'action du poids *b*, ne ſoit point dans la liberté d'agir, qu'autant que le cordon *f n i* lui permet de tourner la poulie *f*. On voit bien par cette conſtruction, que la planche *ab* aura un mouvement horizontal, auſſi regulier vers *f*, que celui de la pendule; & que celle-ci n'en ſouffrira aucun obſtacle dans ſa marche, même il y aura une tendence à en augmenter la force motrice du poids *i*. Il dependra de la proportion du diametre de la poulie *f*, de celui de ſon ſécond cercle, relativement à longueur de la planche *a b*, & de l'eſpace que le poids *i* aura à deſcendre, que cette planche ſoit une ſémaine entiere, ou même un mois, à parcourir l'eſpace *m e*. Ainſi, il n'y a qu'à couvrir cette planche *a b*, avec du papier; & la diviſer en ſept, ou même en trente parties, pour que chacune repréſente l'eſpace d'une journée: & ſi l'on ſubdiviſe chacune en 24 parties, par des lignes plus délicates, on aura l'eſpace correſpondant à chacune de ces 24 heures.

373. *E.* Il ne s'agit donc, à préſent, que d'ajouter un crayon à chacun des inſtrumens météorologiques, qui, comme je l'ai ſuppoſé ci-deſsùs, doivent avoir un mouvement vertical, de façon qu' étant pouſſé proprement, par un foible réſort, contre le papier, il y marquera à chaque heure, la hauteur, ou le degré, où inſtrument ſe trouvera actuellement.

373. *F.* Les lignes, ou diviſions verticales, marqueront alors non ſeulement les *jours* de la *ſemaine*, ou du *mois*; mais auſſi les *heures*: & même, ſi l'on veut, les *demi-heures* de chaque jour. Et les lignes horizontales marqueront les *hauteurs*, ou les *degrés* correſpondans à la variation de chaque inſtrument.

373. *G.* On aura ſoin d'arranger chaqu' inſtrument à la hauteur convénable: &, pour que le trait de ſon crayon, ne ſe confonde point avec celui d'un autre, & il ſera à-propos de mettre des crayons rouges à ces inſtrumens, alternativement avec les crayons noirs, à fin d'en empecher la confuſion. Si le mouvement vertical de quelqu' inſtrument eſt trop grand, pour entrer dans la hauteur de la planche, on le réduira par le moyen d'un levier: & la même méthode ſervira pour l'agrandir, en cas qu'il ſoit trop petit, à fin y être apperçû aſſez diſtinctement.

374. Je me flate que tout homme, qui connoit un peu la Méchanique, n'aura pas la moindre difficulté, ſur la practicabilité des idées, que je viens d'expoſer. Mais à l'égard de ceux, qui trouvent de la difficulté par tout, je leur citerai la pendule qui marche, dépuis plus de quinze ans, au Palais du Roi (Buckingham-houſe) à Londres, faite par Mr. Cummings, ſon horloger. Cette pendule, qui eſt magnifique, marque les hauteurs du Barometre avec la plus grande exactitude. Le même fameux Artiſte a une autre pendule de cette eſpece, toute achevé chez lui, dont le prix va à près de 500 louis d'or. J'ai fait mention de la prémiere de ces pendules à l'Académie Royale des Sciences de Paris, dans une lettre que j'écrivis le 21 Juillet 1772, à Monſ. le Chevalier de Bory, que la même Academie nomma pour ma correſpondence, & qu'il a lut à l'aſſemblée. J'y en fis mention moi-même une autre fois en 1775, lorſque l'Academie déliberoit ſur l'affaire de charger quelque perſonne de confidence, à chaque port de mer, pour obſerver aſſiduement les différentes hauteurs des marées, avec toutes les circonſtances de l'heure exacte, & des vents qui les font varier ſouvent. C'eſt avec bien du plaiſir que je viens de lire à toute l'heure, dans le *Journal de l'Abbé Rozier*, du mois dernier (Janvier 1780, page 75), que Mr. Changeux avoit préſenté une machine de cette eſpece, en Juin dernier, à la même Academie Royale (peut-être ſans avoir aucune idée de celles de Mr. Cummings); & qu'il ſe propoſoit de faire conſtruire le *Thermométrographe*, l'*Anemométrographe*, l'*Higrométrographe*, &c. qui doivent avoir les mêmes propriétés.

374. J'ai fait exécuter auſſi une pendule, ſur une autre plan fort différent de celui de Meſſrs. Cummings & Changeux, & aſſurement bien plus œconomique que celle du prémier; car elle n'en coutera pas la 15me partie de la dépenſe, lorſque tout ſon méchaniſme ſera achevé. Elle marche dejà chez moi depuis plus d'un an, ſans que j'aie eu encore le tems d'y faire ajouter les inſtrumens météorologiques. Au lieu d'un cercle, mis en mouvement par le rouage de la pendule, il y a quatre cylindres verticaux, ſur leſquels une longue bande de papier blanc, qui y eſt envelopée, paſſe d'un rouleau à l'autre, avec un mouvement auſſi régulier que celui de la pendule, dont la marche eſt d'un mois entier ſans être montée.

374. *B*. Mais pour ce qui regarde le méchaniſme du Météorographe, que je viens de propoſer ci-deſſùs, il pourra être exécuté aſſez bien, avec une dépenſe fort modique. Mon but étant de lever toutes les difficultés aux jeunes Philoſophes, & à tous ceux qui ſe trouvent bornés par leurs circonſtances, à exercer, avec peu de frais, leur penchant pour les récherches philoſophiques; je n'ai pas balancé à entrer dans tous ces détails; quoique je ſens bien qu'ils ne peuvent que devenir ennuyeux au lecteurs plus inſtruits. Ainſi, je prie ces derniers, de ne pas s'ennuyer d'avantage; tandis que je me donne le plaiſir de continuer la communication de mes idées à ceux, qui voudront s'épargner le trouble de penſer à ces petites réſources, pour être à même de pourſuivre leurs obſervations de Phyſique, ſans déranger leurs affaires par une dépenſe plus conſidérable.

375. Voici actuellement, quelle eſt l'eſpece d'inſtrumens qui me ſemblent les plus propres, pour remplir les vues, que je viens de propoſer. Premièrement, pour faire les expériences barometriques, relatives à la météorologie, je crois que le *Barometre Statique* (N° 370,) eſt le plus avantageux. Cependant un *ſiphon*, avec une boule aſſez grande à la hauteur, où ſe font ſenſibles les variations de l'atmoſphere, peut bien ſervir au même objet, ayant une piece flotante, avec une tige de ſapin, au bout de laquelle on adaptera le crayon ci-deſſùs.

375. *A*. Il y a une eſpece de Thermometres, aſſez bien connue, repreſentée par le *fig.* 48 *a*, qui a la qualité qu'on ſouhaite. Car les deux, ou même quatre, grandes boules *m t*, ſont pleines d'eſprit de de vin; & le tuyau *z*, avec les branches inférieures, ſont pleines avec du mercure. Ainſi, toutes *les expanſions* & *contractions*, cauſées par la

chaleur & par le froid, dans le fluide contenu dans les vaſes *m t*, qui ſont fermés, doivent faire *hauſſer*, ou *baiſſer*, le mercure dans le tuyau *z*. Une tige de bois, qui ſurnage dans le mercure, au-dedans du tuyau *z*, étant arrangée en ſorte qu'elle ne puiſſe tourner de coté, & ayant un crayon à ſon bout, doit donner le mouvement vertical, qu'on ſouhaite à ce crayon, pour marquer les degrés thermometriques, ſur la planche du Météorographe.

375. *B.* Il y a cependant le Thermometre metallique, qui eſt, peut-être, plus avantageux que le précédent. Pour le conſtruire, on rive fermement, ou même on ſoude enſemble, une lame d'acier avec une autre de laiton: car la chaleur & le froid font courber, plus ou moins, cette double lame, ſelon le degré du Thermometre. Il vaut mieux donner à cette double lame la forme ſpirale, pour l'avoir aſſez longue, à fin d'en agrandir le mouvement: la lame de laiton doit être au-dedans, & celle d'acier dans la partie convexe du-dehors. Cette lame étant arrêtée par un bout, fera mouvoir le crayon, qu'on attachera à l'autre bout (ou à une verge qui y ſera arrêtée), ſelon les différentes températures de l'atmoſphere.

375. *C.* On peut conſtruire auſſi, par la même méthode, un bon Hygroſcope, qui peut ſervir dans le cas, dont il s'agit, à montrer l'humidité de l'atmoſphere. L'on prend une régle de bois de ſapin, d'environ douze pouces en longueur, avec des fibres longitudinales: & on la colle fortement au-deſſous d'une autre du même bois, coupé de travers, comme la *figure* 49 *b* le repréſente. Cet inſtrument, qui eſt de l'invention de Mr. Whitehurſt, Membre de le Société Royale de Londres, marque fort décidement les variations de l'*humidité*, & de la *ſechereſſe*, en l'appliquant, comme le *Thermometre à lame-droite* ci-deſsùs.

376. Si l'on met 8, ou mêmes 32 pointes de bon crayon, ou, comme d'autres l'appellent, de la *mine de plomb*, dans la circonférence de la tige d'une *Girouete*, qui deſcend du toit juſqu'à la chambre du *Météorographe*, en ſorte qu'elles y forment un tour de ſpirale; on connoîtra par la hauteur reſpective de leurs traits, ſur la planche *a b* (fig. 60.), la direction des vents, qui ont regné dans chaque heure du jour.

376. *A.* L'*Anemometre* eſt un inſtrument pour méſurer la force des vents. Le Dr. Lind, Membre de la Société Royale de Londres, qui le

ſe trouve actuellement engagé dans un voyage aux Indes Orientales, pour des objets philoſophiques, inventa un de ces inſtrumens, qui eſt très ſimple. L'on en peut voir la deſcription, avec tout ſon détail, dans les *Tranſactions Philoſophiques*, vol. lxv. N° 34. Il conſiſte dans une eſpece de ſiphon, avec de l'eau au-dedans, que la force du vent ſouflant dans une branche, fait monter, plus ou moins, dans l'autre branche. Mais, comme l'eau eſt ſujette à être glacée par le froid, & à être évaporée irrégulièrement; je crois que l'on pourra y ſubſtituer du mercure, en formant le ſiphon, avec une courbure qui ſoit portion d'un cercle plus grand, comme dans la *fig.* 60 *b.* qui en repréſente la ſection. Le bout *s* doit être fermé par en haut, & avoir une embouchure laterale garnie d'une eſpece d'entonnoir, pour recevoir une plus grande quantité de vent. Le bout de la branche *r* ſera ouvert: & c'eſt dans celle-ci qu'on doit mettre une tige de bois leger, qui y flotera ſur un petit bouchon de liege. Il eſt evident, que ſi l'on fixe ce ſiphon à l'axe de la girouette, en ſorte que l'embouchure, en forme d'entonnoir, ſoit toujours tournée du coté du vent; la verge legère, qui flote dans le bras oppoſé du ſiphon, doit marquer la violence du vent, par un mouvement perpendiculaire à l'horizon. Ainſi, il ne s'agira que d'y ajouter un cercle horizontal, pour communiquer ſon mouvement au crayon du Météorographe, en toute ſorte de directions, que le vent puiſſe avoir.

376. *B.* Mais il y a encore d'autres moyens pour obtenir le même but. Car, ſi l'on met un reſſort ſpiral autour de la tige de la girouette, en ſorte qu'il ſoutienne un plan toujours oppoſé au vent qui ſoufle: il eſt evident que ſa force (ou viteſſe) ſera connue, par le moyen de la différente inclinaiſon de ce plan, qui doit avoir une coudée pour plier, plus ou moins, le reſſort; à fin de former des marques plus ou moins hautes, ſur la planche du Météorographe. On peut également employer auſſi, pour le même effet, un petit moulin, dont l'eſſieu horizontal faſſe élever des poids différens, dans une progreſſion arithmétique, pour exprimer les degrés de la violence de chaque vent: ou autrement on peut faire en ſorte, que ce même axe faſſe bander un reſſort ſpiral, qui portera un crayon, dont le mouvement vertical croitra ſelon les degrés de la force du vent, &c. Voyez la deſcription d'un *Anemometre* de Mr. Lemonoſow, dans le vol. ii. des *Commentaires Nouveaux* de l'Academie Imperiale de Peterſbourg, pag. 129.

376. *C.* La *fig.* 60 *a.* repréſente la ſection d'un *Pluviometre.* C'eſt un vaiſſeau cylindrique bien regulier, d'un pied de diametre, & environ trois pieds de hauteur: on le fait de cuivre rouge, ou même de fer-blanc bien verniſſé au-dedans & au-dehors. Il y a une piece flotante *b* de cuivre rouge très legère, qui eſt creuſe & bien ſoudée. Celle-ci porte deux fils de cuivre, ou une tige de bois léger *c b*, qui paſſe par l'anneau du ſoutien *d*, & par le couvercle en forme d'entonnoir; c'eſt au bout de cette tige qu'on doit mettre le crayon, pour marquer la hauteur de la pluie, qui tombe dans un entonnoir préciſement du même diametre, que le cylindre *m n*. Cet entonnoir doit être mis ſur le toit de la maiſon, aſſez éloigné de tout autre bâtiment plus élevé: & doit avoir le tuyau *s r r r*, par lequel l'eau de la pluie tombe dans la cylindre *m n*. Il ſera bon d'y employer, au-dedans, la valve *s*, qui ferme legèrement l'embouchure inférieure de ce tuyau *r r r*. Le robinet *t* ſert pour vuider l'eau, à chaque fois qu'on remonte le Météorographe. Ce robinet eſt mis à une telle hauteur, qu'il reſte toujours aſſez de l'eau au-dedans, pour faire floter la piece creuſe *b*.

376. *D.* L'*Atmidometre*, ou inſtrument pour méſurer l'*évaporation*, doit être compoſé à peu près des mêmes pieces du *Pluviometre*, mais différemment diſpoſées. En prémier lieu, il y doit avoir un vaiſſeau de cuivre, comme celui repreſenté par la *figure* 60 *a*. La piece flotante *b*, qui eſt creuſe & de cuivre, porte trois fils de metal comme celui de la tige *c b*, ils paſſent à travers du couvercle en forme d'entonnoir *w s r*: & ſupportent un vaiſſeau de metal qui eſt expoſé librement à l'action de l'air: mais bien garanti de la pluie, par une eſpece de toit, qui empêche l'eau d'y tomber au-dedans.

376. *E.* On conçoit aiſément, que toute l'évaporation dans ce dernier vaiſſeau fera hauſſer la piece *b*, dans l'autre vaiſſeau, ſans que celui-ci ait aucune évaporation ſenſible, étant couvert par la piece en forme d'entonnoir *u c s r*; & à l'abri de l'action de l'air, & même de celle de la chaleur. Ainſi tous les changemens en hauteur montrés par le crayon attaché au vaiſſeau ſupérieur, doivent être attribués à l'évaporation ſoufferte dans ce vaiſſeau, qui eſt tout-à-fait expoſé à l'action de l'air. On pourra faire augmenter ou agrandir l'échelle de ces variations, par le moyen d'un levier, comme je l'ai inſinué ci-deſſus au N° 373. *G*: & l'on fera porter les différens mouvemens à la planche du *Météorographe*, en prenant les precautions que la méchanique fournit, pour que ces variations, ou mouvemens ne ſoient point dérangés ni confondus,

fondus, par ceux des leviers, ou pieces néceſſaires ; ou par la faute de bien en équilibrer chaque partie ſur ſon axe, &c.

376. *F.* On peut conſulter la deſcription de l'*Atmometre* inventé par le célébre Académicien de Peterſbourg, feu Mr. Richmann, dans le *vol.* ii. des *Nouveaux Commentaires* de l'Academie Impériale des ſciences de Peterſbourg, page 121. Cet inſtrument a l'avantage d'avoir un grand mouvement, avec fort peu d'évaporation ; parceque le vaiſſeau ſupérieur, où l'évaporation eſt exécuté, eſt chargé en ſorte qu'il reſte enfoncé au milieu de l'eau du vaiſſeau inférieur : ainſi, la moindre variation, cauſée dans ſon poids par l'évaporation, le fait monter conſidérablement dans l'eau. On peut donner le même avantage à celui que je viens de décrire ; mais ce ſera à l'expérience, qu'il appartiendra de décider ſur cette qualité, qui, peut-être, ſera contrebalancé par d'autres inconvéniens.

376. *G.* Enfin, on conſtruira ſur les mêmes principes le *Rhoiametre*, ou inſtrument pour marquer la hauteur préciſe de chaque marée ; c'eſt-à-dire, la quantité du *flux* & du *réflux* de la mer, ou, comm' on le dit, de ſon *ébe*, & de ſon *juſant* ; la quantité de la *durée* de chacun, & les *moments* où il commença, & où il finit. Pourvû qu'on puiſſe faire la communication (par un tuyau de plomb, ou par une rigole), entre l'eau d'un port de mer, & la cave, au-deſſous de l'endroit, où le *Météorographe* eſt établi : il ſuffit d'y mettre une piece flotante, avec un méchaniſme, ſemblable à celui que je viens d'indiquer dans les deux articles précedens (du *Pluviometre* & de l'*Atmidometre*), pour que toutes les variations ſoient marquées ſur la planche du même inſtrument ; en les réduiſant, par la même méthode, à la grandeur proportionelle d'*un pouce*, ou *démi-pouce*, pour chaque pied d'hauteur, &c.

P.S. *Dans le moment que cette page alloit être imprimée, j'appris que Mr. A. Walker, Demonſtrateur de* Philoſ. Expérimentale *à Londres, faiſoit exécuter une eſpece de* Météorographe Perpétuel *dans la ſalle, où il fait ſes* Leçons de Phyſique, *à coté de la* Place d'Hanovre. *Mr. le Dr. Wood y va donner auſſi des* Cours de Médécine. *La nouvelle application qu'il fait, avec grand ſuccès, des* Bains *de* differens Airs *à un grand nombre de maladies, ne fait pas moins d'honneur à ſon ſavoir, qu'à la pénétration de ſon génie.*

F I N.

Fig. 15. a

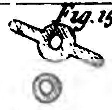

Fig. 15. b.

Fig. 15. c.

Fig. 14.

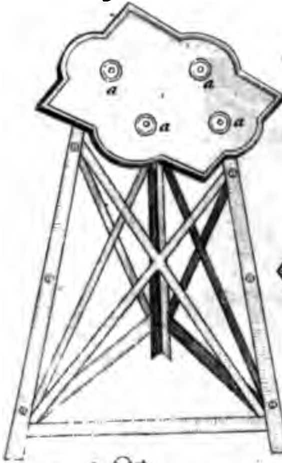

Fig. 15. d.

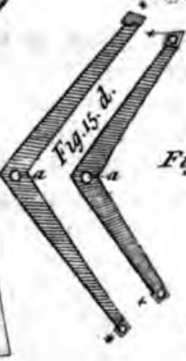

Fig. 15.

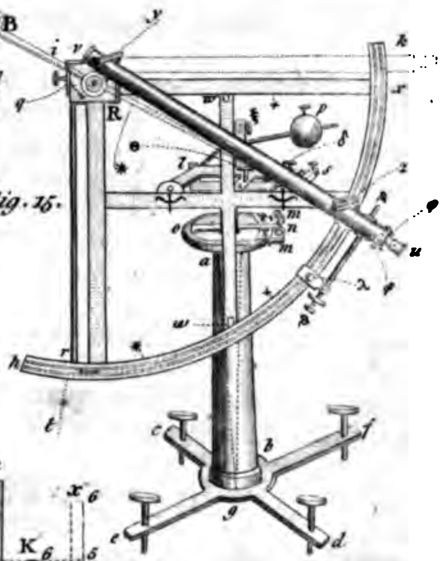

Fig. 1

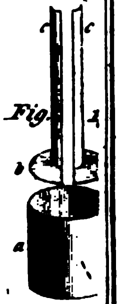

Fig. 33. c.

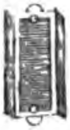

Fig. 33. b.

Fig. 32.

Fig. 33.

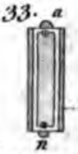

Fig. 31.

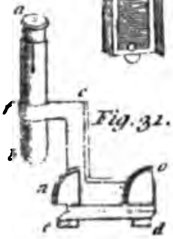

Fig. 38.

Fig 46

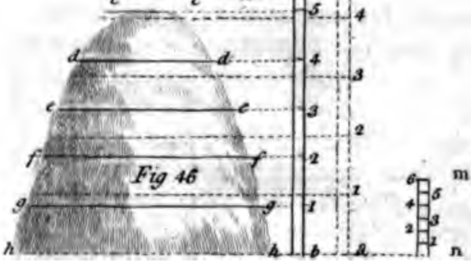

Fig. 46. a.

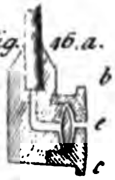

Fig. 47.

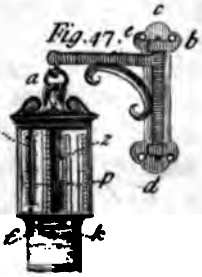

Fig. 4

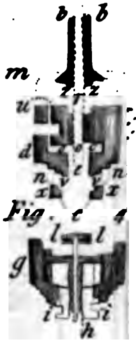

Fig. 50.

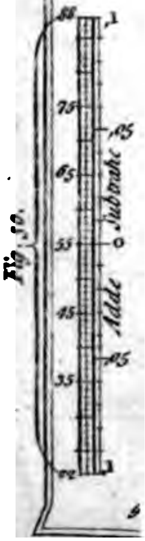

Fig. 51

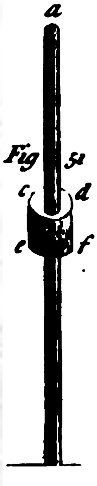

Fig. 52

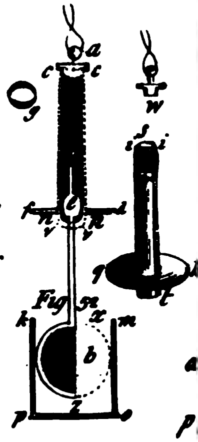

Fig. 53

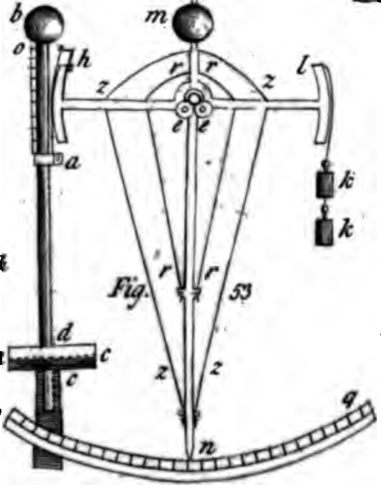

Fig. 54.

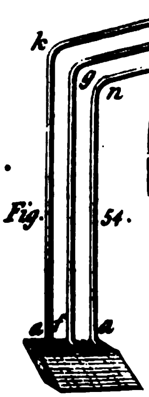

Fig. 55.

ESSAI

SUR LA

NOUVELLE THÉORIE

DU

FEU ÉLÉMENTAIRE, ET DE LA CHALEUR DES CORPS:

AVEC LA

DESCRIPTION DES NOUVEAUX THERMOMETRES,

DESTINÉS PARTICULIEREMENT

AUX OBSERVATIONS SUR CE SUJET:

PAR J. H. DE MAGELLAN,

GENTIL-HOMME PORTUGAIS, MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ ROYALE DE LONDRES, DE L'ACADEMIE IMPERIALE DES SCIENCES DE PETERSBOURG, DE LA ROYALE DE MADRID, ET CORRESPONDANT DE L'ACADEMIE ROYALE DES SCIENCES DE PARIS.

À LONDRES:

De l'Imprimerie de W. RICHARDSON, dans le *Strand:*

Et ſe vend chez B. WHITE, Libraire, en *Fleet-ſtreet*; P. ELMSLEY, Libraire, dans le *Strand*; & W. BROWN, Libraire, au Coin d'*Eſſex-ſtreet*, près de *Temple-Bar*.

M DCC LXXX.

À SON EXCELLENCE,

DIMITRI, PRINCE DE GALLITZIN,

CHAMBELLAN ACTUEL DE S. M. I. DE TOUTES LES RUSSIES,
CONSEILLER-PRIVÉ, ET SON ENVOYÉ EXTRAORDINAIRE AUPRÈS DE LL. HH. PP.
LES ÉTATS-GÉNÉRAUX DES PROVINCES-UNIES,
MEMBRE DES ACADÉMIES DES SCIENCES ET DES ARTS DE PETERSBOURG,
DE CELLE DES SCIENCES ET DES BELLES LETTRES DE BRUXELLES,
ET DIRECTEUR DE LA SOCIÉTÉ DES SAVANS DE HARLEM, &c. &c.

QUI, par ſon amour pour la Philoſophie, & pour ceux qui la cultivent, fait l'honneur le plus durable à ſon rang,

Cet Essai ſur la Theorie du Feu Elementaire & de la Chaleur des Corps, eſt dédié comme un témoignage de reconnoiſſance & d'attachement,

par ſon très humble,

très obeiſſant,

& très obligé Serviteur,

JEAN HYACINTHE DE MAGELLAN.

11-9-35 APS

AVERTISSEMENT.

LA Deſcription des *Thermometres à grande échelle*, qui ſe trouve à la fin de cet *Eſſai*, avoit été indiquée dans le N° 315 du Traité ſur les *Nouveaux Barometres ;* & devoit faire part de l'*Appendice* au Traité ſur les *Octants & Sextants Anglois*. L'Auteur fit précéder cette Deſcription par l'*Eſſai*, qu'il publie actuellement pour ſe délaſſer un peu, avec un ſujet plus agréable que la tâche qu'il avoit entrepriſe ; d'autant plus qu'il s'eſt trouvé aſſez incommodé pour la pourſuivre ſans relâche. Cependant il a crû devoir imprimer le total dans le même format, & ſuivre le même ordre tant pour les numéros des pages, comme pour ceux des Articles.

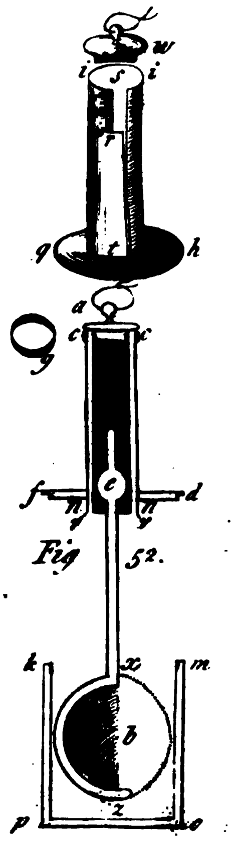

Fig 52.

N. B. *On s'eſt oublié de dire au* N° 432, *que le couvercle* gh (*ou* fd, *fig.* 52.) *du tuyau qui ſert d'étui aux Nouveaux Thermometres, ferme à vis dans la petite boëte de metal* kpom, *qui a du coton dans le fond ; à fin de conſerver cet inſtrument fermé, lorſqu'on n'en fait point d'uſage, & d'empêcher qu'il ſoit caſſé aiſement par quelqu' accident. Dans ce cas, la rondelle* gh, *dont la ſection eſt* fd, *ſe trouve viſſée en* km : *le bout ſupérieur* ii *ſe trouve alors en* nn : *& l'anneau* g *les ſerre à vis, aſſez bien, pour que le tuyau extérieur & l'intérieur ſoient ſans aucun mouvement, comme s'il n'y avoit qu'un ſeul tuyau.*

TABLE DES ARTICLES DE CET ESSAI.

	N°	Pag.
Introduction - - -	378	--165
Définitions - - -	383	--167
Données - -	387	--168
Comparaiſon - -	389 *A.*	--*ib.*
Explication de cette Théorie -	411 *B.*	--178
Propoſition I. - -	390	--169
Propoſition II. - -	396	--170
Méthode pour faire ces Expériences - - -	398	--171
Méthode plus commode -	411 *D.*	--178
Propoſition III. - -	399	--172
Phénomene ſingulier -	404 *A.*	--175
Propoſition IV. - -	406	--*ib.*
Table de la Chaleur ſpécifique de pluſieurs corps -	410	--177
Sommaire de l'Ouvrage du Dr. Crawford - -	413	--180
Sommaire de quelques Phénomenes	416	--181
Notice d'autres phénomenes -	417	--183
Rémarque ſur l'Uſage de la Reſpiration animale -	420	--187
Nouveaux Thermometres à grande Echelle pour ces Expériences - -	421	--188
Sur la Réſine élaſtique -	423	--189
Nouveaux Thermometres de Mr. Achard -	411 *F.*	--179
Poſt-ſcriptum - -	434	--192

ADDITIONS ET CORRECTIONS.

JE dois à l'amitié de Mr. Js. Watt les rémarques ſuivantes, ſur les épreuves que je lui communiquai de cet *Eſſai ;* mais je n'en ai point profité dans leur place reſpective, parcequ'elles n'arriverent qu' après l'impreſſion de la dernière page. Les voici : I. Que la *chaleur ſpécifique* de la vapeur de l'eau, eſt égale à 800 degrés de Fahrenheit : & II. Que ſon expanſion, lorſque la chaleur ſenſible eſt à 216° degrés, eſt à celle de l'eau, comme 1800 à 1. Je ſuis ſi perſuadé de l'exactitude & ingénuité de Mr. Watt, que j'abandone entièrement le doute expoſé à la fin du N° 418. *C :* & j'adopte l'explication du phénomene de l'*élévation des vapeurs*, comme dependant tout-à-fait de l'attraction entre les particules de l'air, & celles de la vapeur, &c. III. Mr. Watt croit, auſſi que moi (N° 403. *C.*), que la chaleur ſpécifique de la vapeur de la glace, n'eſt pas moindre que celle de la vapeur de l'eau bouillante. IV. Que le Dr. Irvine de Glaſcow, avoit deja reſolu le Probleme 4me du N° 406 : & avoit trouvé, que la *chaleur ſpécifique* du mélange de l'eau avec l'*acide vitriolique*, étoit moindre que la ſomme des *chaleurs ſpécifiques* de ces deux fluides avant leur mélange. On voit par le N° 418, que c'eſt exactement ce qu'on y a avancé. V. Enfin, que le Dr. Black avoit déja parlé du phénomene du N° 419. *D.* quelque part dans les *Tranſactions Philoſophiques*. Je trouve ſon Mémoire dans le vol. lxv. p. 128 : & je ſuis très charmé, que l'explication que j'ai donnée de ce phénomene (N° 419. *D.*), n'eſt point contraire à celle de ce grand Philoſophe. Car le petit mouvement inteſtin, auquel il y attribue l'effet de la *fixité* de l'eau pour ſe *glacer*, & dont j'ai parlé, dans un cas pareil (N° 404. *A.*), ne peut pas y contribuer, qu'en expoſant les différentes particules de ce fluide à celles de l'air, pour y depoſer le ſurplus de leur *chaleur ſpécifique* ; comme je l'expliquai dans le N° 419. *C.*

N. B. Je dois au Dr. Crawford la théorie que j'ai expoſée dans le N° 419. *B.* Elle eſt trop ingénieuſe pour ne pas en nommer l'Inventeur.

ESSAI

SUR LA

NOUVELLE THEORIE

DU

FEU ÉLÉMENTAIRE, ET DE LA CHALEUR DES CORPS.

378. LES *recherches* ſur la *chaleur abſolue*; ou, pour mieux dire, ſur le *feu élémentaire*, qui entre dans la conſtitution des corps phyſiques, méritent toute l'attention de ceux, qui cultivent la Philoſophie Naturelle. C'eſt à la publication de l'excellent Ouvrage du Dr. Adair Crawford, ſur la *chaleur animale*, & ſur l'*ignition*, ou *inflammation des corps* (qui, ſelon lui, dépendent toutes deux, d'un *ſeul & même principe*), qu'on doit la naiſſance de cette branche de Phyſique, qui, par la nouveauté & l'évidence de ſes principes, ne manquera de faire une époque diſtinguée dans la Philoſophie Moderne.

379. Une découverte heureuſe du Dr. Black, Profeſſeur de Chimie à Edimbourg (ou plutôt de Mr. Wilcke, Profeſſeur de Phyſique à Stockholm), fut le germe de la théorie lumineuſe, que le Dr. Crawford préſenta au Public ſur ce ſujet. On lui doit ſavoir bon gré, pour avoir franchi le pas, en nous introduiſant dans un pays d'une étendue & d'une fertilité immenſe, puiſque tous les corps y végètent; mais encore inculte, faute d'avoir été connu juſques à préſent. Pour ce qui régarde l'honneur de la découverte, s'il y en a dans le pur hazard

des faits phyſiques; on ne ſauroit douter, qu'il n'appartienne entièrement au Profeſſeur Suedois. Car c'eſt lui, qui non ſeulement trouva, indépendament de tout autre, ce phénomene; mais auſſi le rendit public, il y a long tems, dans les *Tranſactions* ou *Mémoires de l'Academie de Stockholm*; comm' il paroit par le Traité *De Aquis artificiosè calidis* du fameux Profeſſeur de Chymie à Upſal, Mr. Tobern Bergman, qui y fait mention de cette découverte du Profeſſeur Wilcke. C'eſt à ceux, qui publient leurs propres découvertes, & même celles des autres, que le Public en eſt redevable.

380. Je ne m'arrêterai pas ſur ce, qui fait l'objet principal de l'Ouvrage ci-deſſùs, du Dr. Crawford; parcequ'il eſt entre les mains de tout le monde. Il fût ſi généralement gouté, & ſi avidement demandé de toutes parts, que l'Auteur en va donner inceſſamment la ſeconde edition, la prémière ayant été épuiſée en peu de mois; & je me flate, que le Dr. Crawford n'y laiſſera rien à déſirer, tant pour la correction de la preſſe, que pour la clarté & l'étendue des Propoſitions. Car j'ai vû, d'après les repliques de pluſieurs de mes correſpondens, auxquels j'ai envoyé cet ouvrage précieux, qu'ils y trouvent de la difficulté à bien ſaiſir les principes, ſur leſquels l'Auteur a fondé ſa doctrine. C'eſt, peut-être, parcequ'il n'a pas mis ſes idées dans un plus grand détail; ni les a-t-il aſſez accommodées à la portée de tout le monde.

381. Cette circonſtance m'engage à publier ici un petit Eſſai, ſur les principes de cette nouvelle doctrine; à fin de m'épargner la peine d'en faire le même récit par écrit à mes amis, qui ne ſont pas à même de les comprendre, faute de connoître la langue Angloiſe, ou à cauſe du peu d'étendue que l'Auteur a donnée à l'expoſition des principes nouveaux de ſa théorie. Je tacherai d'en parler avec toute la préciſion qui me ſera poſſible: & je me flâte, que je ne m'écarterai pas des idées qu'il a expoſées. Mais j'agirai avec la liberté, qui m'appartient là-deſſùs, en m'exprimant ſelon ma manière de les concevoir.

382. Le Dr. Crawford a parlé d'une manière problématique ſur la queſtion: ſi la *chaleur abſolue* (ou le *feu*) eſt une ſubſtance *ſui generis*; ou ſi elle eſt ſeulement une qualité, ou modification des autres ſubſtances. La grande modeſtie de l'Auteur l'a porté, ſans doute, à ne pas délivrer ſon opinion ſur cet article; mais il me paroit indubitablement établi, par toutes les expériences, qui ſervent de baſe à

cette théorie, que le *feu* eſt un élément, ou ſubſtance *ſui generis* ; & je prendrai cette aſſertion, comm' un fait demontré, dans ce que je vais dire ſur ce ſujet.

DEFINITIONS.

I. 383. La *chaleur abſolue* eſt le feu élémentaire, qui ſe trouve répandu dans tous les corps phyſiques.

II. 384. La *chaleur ſpecifique* eſt la quantité de la *chaleur abſolue*, qui appartient à chaque élément, ou particule intégrante, d'un corps quelconque dans un certain état : ou, en autres mots, eſt la proportion numérique des particules élémentaires du feu, appartenantes à chaque partie ſpécifique d'un corps quelconque ſous une forme determinée. *Voyez le* N° 411. *A.*

III. 385. La *chaleur ſenſible* eſt l'excès (proportionel) de la quantité de la *chaleur abſolue*, qui s'accumule (par une cauſe, ou circonſtance quelconque) ſur la quantité de la *chaleur ſpécifique* de chaque corps. C'eſt elle qui agit ſur nos *ſens*, ou qui produit les effêts *ſenſibles* ſur les corps ; comme, par exemple, ſur le Thermometre, &c.

386. N.B. 1. La quantité de la *chaleur abſolue*, qui s'accumule dans un corps, & qui fait ſa *chaleur ſenſible*, eſt toujours proportionelle à la quantité de la *chaleur ſpecifique* de ce corps : mais, il n'y a que l'accroiſſement proportionel ſur chacun de ces élémens ſpecifiques, qui en ſoit proprement la *chaleur ſenſible*. Comme, par exemple, dans deux corps *a b*, dont la *chaleur ſpecifique* eſt comme 4 à 2 : ſi le prémier reçoit 8, & l'autre 4 quantités égales, d'accumulation de *chaleur abſolue* ; tous les deux n'auront que *deux degrés* de *chaleur ſenſible* ; parceque la portion, ou l'accroiſſement de chaque élément du *feu ſpecifique* de ces deux corps, n'eſt que $\frac{8+4}{4+2}=\frac{12}{6}=2$. Voyez le N° 411. *A.*

386. *A.* N.B. 2°. La même quantité de *chaleur abſolue* qui s'accumulera dans un corps, cauſera d'autant plus de *chaleur ſenſible*, que la quantité de ſa *chaleur ſpecifique* ſera plus petite : comme, par exemple, la quantité 8 *degrés*, dans le corps *a* (=4) cauſera ſeulement 2 *degrés* de *chaleur ſenſible* : mais la même quantité de 8 *degrés* dans le corps *b* (=2) fera une *chaleur ſenſible* égale à 4 *degrés*. Parceque $\frac{8}{4}=2$: & $\frac{8}{2}=4$

386. *B.* N. B. 3°. On voit bien par ces définitions, que la *chaleur abſolue* ne differe point des autres deux *chaleurs*, que ſeulement dans les circonſtances.

DONNÉES.

387. I. La *chaleur abſolue* peut être accumulée, ſur les corps, au-delà de la quantité de leur *chaleur ſpecifique*. Ceci n'a béſoin d'être prouvé ; & tout le monde le ſait par expérience.

388. II. La *chaleur ſenſible* ſe répand également, dans tous les corps, où elle ſe met, pour ainſi dire, de niveau ; pourvû qu'ils ſoient dans les mêmes circonſtances ; & qu'il y ait le tems néceſſaire pour former cet équilibre. C'eſt un fait généralement connû. Le grand Boerhaave établit ce fait ; & perſonne n'en doute aujourd'hui.

389. III. Le *Thermometre de mercure*, méſure, par ſes degrés, la quantité de la *chaleur ſenſible* des corps. Cette aſſertion eſt aſſez évidente par les Définitions, & par la Propoſition I^{re}. Mais on peut voir là-deſsùs les expériences de Monſ. de Luc, au Chap. ii. N°. 422, & *ſuivans*, de ſon Ouvrage ſur les *Modifications de l'Atmoſphere*.

389. *A.* Voci une comparaiſon, qui aidera à fixer l'idée de ma manière de concevoir ce ſujet. Soit un vaiſſeau *c* communicant avec un autre vaiſſeau *d* par un tuyau : & que les ſurfaces horizontales de leurs fonds ſoient dans la proportion de 4 à 1. Il eſt certain, 1°, que la quantité de l'eau, qui y ſera jettée, ſe diviſera toujours dans la même proportion : 2°, qu'elle y ſera toujours au même niveau : 3°, qu'elle aura toujours la même profondeur, non obſtante la proportion de 4 à 1 : & 4°, qu'en verſant l'eau de chacun de ces vaiſſeaux dans un autre ; le niveau, qui ſera formé dans ce dernier à chaque fois, aura une profondeur, dont la proportion de la premiere, du vaiſſeau *c*, ſera à celle, formée par l'eau de l'autre vaiſſeau *d*, comme 4 à 1.

389. *B.* Donc, ſi chaque eſpece de corps phyſique contient un *certain nombre* de particules élémentaires, capables de *récevoir* (ou *attirer*, ſi l'on veut) la *chaleur abſolue* : le nombre de ces *capacités* forment ſa conſtitution ſpécifique : & les phénomenes des deux chaleurs, *ſpecifique* & *ſenſible*, ſeront exactement les mêmes, que ceux de la comparaiſon, que je viens de donner.

PROPOSITION Ire.

390. La chaleur ſpécifique des corps homogénes eſt proportionelle à leur maſſe.

N. B. Quoique cette Propoſition ſoit contenue, pour ainſi dire, dans la Définition II.; en voici cependant quelqu' éclairciſſement.

PREPARATION.

391. EXPERIENCE I. Prenez 10 livres péſantes $(=a)$ d'eau à 140° $(=m)$ du Thermometre de Fahrenheit: mêlez-les avec 10 ℔ $(=a)$ d'eau à 40° $(=n)$: la chaleur $(=c)$ du mélange ſera 90 *degrés*.

392. EXPERIENCE II. Mêlez 8 ℔ $(=a)$ de glace à 32° $(=m)$, avec 2 ℔ $(=b)$ à 22° $(=n)$: la chaleur $(=c)$ du mélange ſera 30°.

DEMONSTRATION.

393. Nous avons dans le prémier cas, lorſque les maſſes ſont égales, $\frac{am+an}{a+a}=c$: ou $am+an=2ac$. C'eſt-à-dire, $c : a :: m+n : 2a$. Donc la *chaleur ſpecifique* des corps eſt toujours (avant & après le mélange) proportionelle à leur maſſe.

394. De même, nous avons, dans le ſecond cas, $\frac{am+bn}{a+b}=c$. Donc $am+bn=ac+bc$; d'où il ſuit que $c : 1 :: am+bn : a+b$. Ce qui revient au même.

395. *N.B.* Il faut avoir égard à 5 ou 6 circonſtances, lorſqu'on fait ces expériences; pour ne pas faire entrer, dans les réſultats, les variations qui dependent des cauſes concomitantes.

1°. Il faut calculer les déchets de la chaleur, dans ces mélanges, qui viennent de la différente température du vaiſſeau, du corps du Thermometre, & de ſon échelle. C'eſt, par la proportion de leurs maſſes reſpectives, qu'on fait cette correction.

2°. La différente température de l'atmoſphere, lorſqu'elle n'eſt pas égale à celle du vaiſſeau qu'on employe, dans ces expériences.

3°. La différence de la chaleur ſpecifique du mercure du Thermometre, & de la matière dont il eſt compoſé. Pour prévenir la peine de cette correction, il faut employer toujours des maſſes aſſez grandes, pour rendre inſenſible cette petite quantité différentielle.

4°. Il faut obſerver les moindres variations de la température de chaque mélange; non ſeulement par des degrés entiers du Thermometre; mais par des parties aliquotes de ſes degrés. Autrement il ne ſera pas poſſible de reconnoitre la variation de la *chaleur ſenſible*, qui reſulte du mélange des corps, dont les *chaleurs ſpécifiques* ne different pas beaucoup.

5°. Il faut, enfin, avoir égard à la chaleur, qui ſe perd dans le tems qu'on employe, à faire ces expériences. Les Thermometres, dont je donnerai tantôt la deſcription, ſervent à empêcher, du moins en grande partie, les erreurs de ces deux dernieres circonſtances. Quant à la ſeconde, il eſt bien aiſé de l'éviter toujours: mais pour les deux autres, c'eſt à l'obſervateur qu'il tiendra de les mettre en ligne de compte. *Voyez la ſixième* circonſtance au N° 411 *ci-deſſous*.

PROPOSITION II^{de}.

396. La *chaleur ſpecifique* de deux corps quelſconque, eſt en *raiſon inverſe* de la différence de la *chaleur ſenſible* de leur mélange, à celle de chacun d'eux avant d'être mêlés enſemble.

PREPARATION.

397. EXPER. III. Mêlez 1 ℔ de glace ($=a$) à 32° ($=m$), avec 1 ℔ d'antimoine diaphoretique lavé ($=d$) à 22° ($=n$): le degré de la *chaleur ſenſible* dans le prémier moment du mélange, ſera 30°. ($=c$.) *N. B.* Je prends, pour la plupart, des *nombres ronds*, au lieu des *fractions*.

DEMONSTRATION.

397. *A.* Par le N°. 394 ci-deſsùs, nous avons $\frac{am+dn}{a+d}=c$: d'où il ſuit que $am+dn=ac+dc$. On a donc $am-ac=dc-dn$:

d'où l'on tire cette proportion $a : d :: c - n . m - c$; c'eſt-à-dire, $a : d ::$ 30—22 (=8) : 32—30 (=2). Donc la chaleur de l'*eau glacée*, eſt à celle de l'*antimoine :* comme 8 à 2 ; ou comme 4 à 1. Mais ce réſultat eſt le même dans le cas du N° 392, lorſque les deux corps étoient homogénes. Donc la *chaleur ſpécifique* des corps hétérogenes, &c.

APPLICATION GENERALE.

398. Par cette méthode on peut découvrir la proportion de la *chaleur ſpecifique* d'un corps, relativement à celle d'un autre. L'*eau* paroit la matière, la plus propre pour ſervir de terme de comparaiſon. En voici la méthode. Chauffez chaque corps, dont la maſſe (le poids) ſoit égale à celle de l'autre, à des degrés différents de température : mêlez-les enſemble : &, après avoir fait les compenſations ou corrections du N° 395, prenez les deux différences de la chaleur, qu'elles avoient auparavant, à celle qui ſe fait ſentir dans le premier inſtant du mélange. Si ces différences ſont égales (ce qui peut-être n'arrive jamais, que dans les corps homogenes), leur *chaleur ſpécifique* eſt la même. Mais, ſi elles ne le ſont pas ; leurs *chaleurs ſpecifiques* ſeront en raiſon inverſe de leurs différences reſpectives. Voyez ci-deſſous la méthode de Mr. Kirwan, N° 411. *D.*

398. *A.* Ainſi l'on voit, dans le N° 391, qu'en prenant des maſſes égales :

		Différences.
La premiere quantité d'eau étoit à —	140°	--- 50
La chaleur du mélange — —	90°	
La chaleur de la ſeconde quantité —	40°	--- 50

Donc leur chaleur ſpécifique eſt égale.

398. *B.* Mais, dans l'exemple du N° 397, le réſultat eſt fort différent : ſavoir,

		Différences.
Chaleur de la *glace* — — —	32°	---- 2
Chaleur du mélange — — —	30°	
Chaleur de l'*antimoine diaphoretique lavé* —	22°	---- 8

Donc la *chaleur ſpécifique*, ou le *feu élémentaire*, contenû dans la *glace*, eſt à celui contenû dans l'*antimoine diaphoretique lavé*, comme 8 à 2 ; ou comme 4 à 1.

398. *C.* Nous voilà arrivés à pouvoir reconnoitre la *chaleur reſpective*, ou la proportion reſpective de la *chaleur ſpécifique* des corps . . . ! Il eſt inutile de remarquer les avantages infinis, qui réſulteront de ces recherches pour la Phyſique en général; &, en particulier, pour la Médecine. L'ouvrage du Dr. Crawford en eſt déja une preuve. Monſ. Kirwan, Membre de la Société Royale de Londres, a ſuivi, avec beaucoup de génie & de ſuccès, cette nouvelle carrière philoſophique. Je donnerai bientôt (au N° 410.), un échantillon de la *chaleur ſpécifique* de différens corps, que le même eſtimable Philoſophe m'a communiqué; & dont lui-même a augmenté conſiderablement le nombre, & répété les eſſais. Je me flâte, qu'il donnera bientôt au Public un Traité ſur *le feu*, qui ſurpaſſera tout ce que nous avons ſur cette matiere. Les vues qu'il a eu ſur ce ſujet, les raports qu'il y a découverts, & les conſequences qu'il en a déduites, jettent la plus grande lumière ſur cette branche prodigieuſe de la Phyſique moderne

PROPOSITION III^{me}.

399. La différence entre la *chaleur ſpecifique* d'un corps *fluide*, & celle du même corps dans un état *ſolide* (c'eſt-à-dire, dans un état de *cryſtallization*, *fixité*, ou *dureté*), eſt fort conſidérable. Ce ſont les faits qui en peuvent donner la

DEMONSTRATION.

400. EXPER. IV. Prenez 1 ℔ de l'eau, à la température de 162°: mêlez-la avec 1 ℔ de *glace* pilée à la température de 32°: agitez le melange tout de ſuite, pour que la glace ſoit fondue: & la température commune ne ſera plus que 32°. Donc la *chaleur ſpécifique* de l'eau *fluide* eſt de 130° (=162—32), plus grande, que celle de la même *eau glacée*.

400. *A.* Cette expérience eſt confirmée encore plus, en prenant de l'eau à 32°, avant qu'elle ſoit glacée, & la mêlant avec une quantité égale à 162°: car, dans ce cas, la chaleur du mélange eſt 97°, comme dans le N° 393: c'eſt-à-dire, $c : a :: m+n : 2a$.

401. On affirme, que le Dr. Black d'Edinbourg, trouva dans le cas dont il s'agit, une différence de 147°, au lieu des 130°, que le Profeſſeur Wilcke avoit trouvée dans les mêmes circonſtances. Mais il paroit, ſelon le raport du fameux Bergman, que cette différence

n'étoit que 72° du Thermometre Suedois, égale à 129,6 de Fahrenheit; car on ſait que leur raport eſt comme 100 à 180. Ce ſera à la ſuite des expériences bien repetées, qu'on ſaura décider, ſi le Dr. Ecoſſois a mieux obſervé, que le Profeſſeur Suedois.

402. Selon les éléves du même célébre Dr. Black, la *quantité de chaleur* qui fait la différence entre les deux *chaleurs ſpécifiques* d'un même corps dans l'état de *ſolidité* (de *fixité*), & celle de ſon état *fluide*, ou de *vapeur* eſt appellée *chaleur latente.* Mais il eſt évident que cette quantité n'eſt pas *latente*; puiſqu'elle produit l'effet *ſenſible* de *fluidité* & de *vapeur* : & même on eſt parvenû à reconnoitre, par l'expérience, la *quantité* de cette *chaleur.* D'ailleurs, les mots *latente*, *cachée*, ou *occulte*, reſſemblent trop au langage des Péripateticiens. Cependant il eſt permis à tout le monde, d'adopter les mots qu'on veut, pourvû qu'on en explique le ſens. Voyez le N° 411. *C.*

403. On aſſure que le Dr. Irwine, Profeſſeur de Philoſophie à Glaſcow, a ſuivi cette théorie par des expériences repetées, faites exprès : & qu'il a démontré, par une induction bien fondée, que celle-ci eſt une Loi univerſelle : c'eſt-à-dire, que les corps *fluides* contiennent plus de chaleur que les *mêmes corps*, lorſqu'ils ſont dans un état de *ſolidité*; & que les mêmes corps en état de *vapeur*, peuvent en retenir encore d'avantage, que dans l'état de ſimple *fluidité*.

404. *A.* Je ne ſai pas, s'il y a des preuves directes, fondées ſur des expériences bien déciſives, par leſquelles il ſoit demontré, que la *vapeur*, par exemple de l'*eau*, contient la grande quantité de *chaleur ſpecifique*, qu'on affirme être environ 900 *degrés*, au-delà de celle de l'*eau* dans ſon état de *fluidité*. On aſſure qu'il y a eu des expériences faites en Ecoſſe, qui determinent ce fait intéreſſant : & qu'on les a annoncées en quelques *Cours de Chimie.* Mais ceux qui en parlent, ne ſont point d'accord dans leurs raports. Il y en a un, qui, plus zélé que ſon maître pour l'avancement des connoiſſances humaines, publia un *Eſſai* ſur ce ſujet, où il declare, que la *vapeur* de l'eau rarement eſt plus chaude que l'*eau bouillante*; quoiqu'il y ait 790° de *chaleur latente.* Voyez *An Inquiry into the Effects of Heat*, London 1770, in 8vo, *page* 48 & 49. Un autre plus moderne, le Dr. Leſlie, aſſure, d'après les calculs de deux Profeſſeurs célébres d'Ecoſſe, que la *chaleur latente*, ou, ſelon mes idées, la *chaleur ſpécifique* de la *vapeur de l'eau* va juſqu'à

800°. Voyez ſon Ouvrage, *Inquiry into the Cauſes of Animal Heat*, London 1778, in 8vo, *page* 320. Enfin, un jeune Philoſophe m'a dit dernièrement, que cette différence étoit près de 906 *degrés*.

403. *B*. Peut-être ſuffiroit-il de mettre le Thermometre du N°411: *F*. dans la partie ſupérieure d'un alambic, où l'on fait la diſtillation de differentes liqueurs, pour determiner ce point. Ce procédé eſt fort aiſé: mais il faudra employer beaucoup de précautions, & la plus grande attention, induſtrie & aſſiduité, pour n'en être pas impoſé dans les reſultats de ce genre, dont on ne connoit pas encore aſſez bien toute la manipulation néceſſaire, pour reuſſir avec ſureté.

403. *C*. Autant qu'on peut juger d'après ce, qu'on connoit de certain ſur ce ſujet, il eſt très probable, que la *chaleur ſpécifique* de la *vapeur* de l'*eau*, eſt beaucoup plus grande que celle du même *fluide*, avant d'être réduit en *vapeur*. Car, on vient de voir (N° 400.) qu'il y a réellement près de 130° de différence entre l'état de la *fluidité* de l'*eau*, & celui de ſa fixité, lorſqu'elle eſt *glacée*. On ſait, d'ailleurs qu'en fait d'electricité, la vapeur de l'eau peut en recevoir une quantité beaucoup plus conſiderable, que l'eau même dans ſon état de fluidité, comme le grand Franklin l'affirme, ſelon la citation du Dr. Leſlie, dans le Traité ci-deſsùs, page 325: &, par une eſpece d'analogie, il eſt très probable, qu'il y en ait auſſi pluſieurs degrés de difference entre la chaleur de l'eau *fluide*, & celle de l'eau en *vapeur*. Il reſte à ſavoir, ſi toute la *vapeur*, même celle qui s'éleve à froid de la *glace*, ſe trouve dans le cas d'avoir auſſi un ſi grand degré de chaleur? Celui-ci eſt un probleme des plus intéreſſans: & il eſt fort à déſirer, qu'on en puiſſe obtenir une ſolution complete. En attendant, je le ſuppoſerai comme decidé, dans ce qui j'aurai encore à dire, pour le préſent, ſur ce ſujet.

404. Je crois néceſſaire d'avertir ici, que l'eau prend toujours quelque tems pour devenir glacée, après qu'elle a acquis le degré 32° de Fahrenheit: même elle va quelquesfois juſqu'au 27 *degré*, avant de ſe *glacer* tout-à-fait; mais auſſitôt qu'elle eſt fixée, alors elle ſe met au 32°. *degré*. La raiſon en eſt, qu'elle doit dépoſer, entre les corps environants, les 130 *degrés* de ſa *chaleur ſpécifique*, avant de pouvoir devenir ſolide en ſe *glaçant*: ce qui ne peut ſe faire, que graduellement, pendant quelque intervalle ſenſible de tems.

404. *A.* Il y a un grand nombre de phénomenes, qui dependent de cette loi. Par exemple, la ſolution d'un ſel neutre, qui eſt prêt à cryſtallizer, ſi on la prend avec la main, en lui donnant une petite ſécouſſe, la cryſtallization ſe fait à l'inſtant; mais on ſent dans la main une *chaleur ſenſible*, qui eſt le ſurplus de la *ſpecifique*, dont la ſolution ſe décharge, pour paſſer, de la forme *fluide*, à l'état de *ſolidité*, ou ſi l'on veut de ſa *fixité*. *Voyez le* N° 419. *C* & *D*.

405. Il eſt fort naturel de conclure de l'expérience, produite dans ce Probleme (N° 400.), que, ſi l'on pouvoit avoir une livre péſante de *glace* à 130° au-deſſous de la congélation (du 32 *degré* de Fahrenheit); & qu'on la meloit enſemble avec 1 ℔ d'eau à 32 *degrés*; mais avant d'être *gelée* (N° 400*A*. & 404.): dans ce cas, ſi on la rémuoit tant-ſoit peu pour que le tout fut glacé, alors on ne trouveroit d'autre degré dans le mélange que le 32me; parceque la livre d'eau doit perdre toute la *chaleur ſpecifique* de ſon état de fluidité, la quelle, ſelon le Profeſſeur Wilcke, eſt de 130° (ou 129,6°) pour prendre la forme ſolide. Ceux-ci ſeroient communiqués à la livre de *glace*: &, par conſequent, les *deux* livres, ou maſſes de matière, ſeroient exactement à 32 *degrés*.

PROBLEME IV.

406. Determiner la *quantité abſolue* de la *chaleur ſpecifique* d'un corps, qui eſt ſuſceptible des deux états *ſolide* & *fluide*; ſelon la méſure commune du Thermometre.

PREPARATION.

407. Cherchez la différence de la *chaleur ſpecifique* de ce corps dans ſes deux formes (par le N° 400): cherchez auſſi la proportion relative de la *chaleur eſpecifique* de ce corps en chacune des deux formes (N° 396 & 411.): & le produit par chacun des deux termes, ſera la quantité abſolue de chaque *chaleur ſpecifique*.

DEMONSTRATION.

408. Que la chaleur ſpecifique de l'*eau* ($=x$), ſoit à celle de la *glace* ($=y$), comme 10 : à 9, ſelon qu'on le verra par la Table ci-deſſous. Nº 410. Et ſoit la différence 129,6° de ces deux chaleurs reſpectives $=a$.

Nous avons (Nº 410.) — — $x : y :: 10 : 9$
& nous avons auſſi (Nº 400.) — $x - y = a$
d'où il ſuit, que — — — $x = a + y$
& — — — — $y = x - a$
ainſi, en ſubſtituant, on a — $a + y : y :: 10 : 9$
donc — — — $9a + 9y = 10y$
c'eſt-à-dire — — $9a = 10y - 9y = y$
de même on a, en ſubſtituant, — $x : x - a :: 10 : 9$
donc — — — $9x = 10x - 10a$
c'eſt-à-dire — — $10a = 10x - 9x = x$

On voit donc, 1°, Que l'*eau fluide* contient 10 fois 129,6° : c'eſt-à-dire, 1296 degrés de *chaleur ſpecifique*, ſelon l'échelle de Fahrenheit.

Et 2°, Que le *glace* contient 9 fois 129,6° : c'eſt-à-dire, 1166,4 degrés *de chaleur ſpecifique*, ſelon la même échelle.

408. *A.* Si l'on calcule cette quantité d'après la différence de 140 *degrés*, qu'on dit être celle trouvée, par quelques expériences, entre la *glace* & l'eau *fluide* : dans ce cas, la quantité abſolue de la *chaleur ſpecifique* de l'*eau*, ſera 1400 *degrés* ; & celle de la *glace* 1260 *degrés*. Mais, ſelon le raport du Dr. Leſlie (page 313 de ſon *Ouvrage* dejà cité), cette différence qu'il dit avoir été trouvée par le Dr. Black, eſt de 147 degrés ; ainſi la *chaleur ſpecifique* de l'*eau fluide*, pourroit être 1470 degrés ; & celle de la *glace* 1323 *degrés*, comme ceux meſurés par l'échelle de Fahrenheit.

409. Je dois au même Mr. Kirwan, dejà mentionné ci-deſſus, la communication de cet important Probleme : & je profite, de cette occaſion, pour lui témoigner ma gratitude, par les lumières que je dois à ſon amitié, ſur cette matière. C'eſt auſſi à la générosité philoſophique de ce Savant, que je dois la communication de la Table ſuivante : dont cependant, il n'a pu garantir l'exactitude en tous les articles, qui y ſont contenus ;

contenus; parcequ'il n'en a point répété, qu'une partie de ces expériences.

410. *Table des Raports de la* Chaleur Spécifique, *ou* Feu Elémentaire, *contenu en différentes Subſtances.*

L'eau commune	1,000
Glace (eau glacée)	0,900
Mercure, dont la péſanteur ſpécifique étoit=13,300, d'après huit ou dix expériences	0,033
Le fer	0,125
L'Etain	0,068
Le plomb	0,050
Régule d'antimoine	0,086
Chaux du régule d'antimoine, ou antimoine diaphorétique lavé	0,220
Chaux de fer	0,320
Chaux d'étain	0,096
Chaux de plomb	0,068
Chaux d'étain & de plomb, calcinés enſemble	0,102
Cryſtal d'Angleterre, ou *flint-glaſs*	0,174
Terre-cuite, ou grais	0,195
Solution de ſucre brun	1,086
Huile de térébinthine	0,472
Huile d'olives	0,710
Huile de lin	0,528
Huile de baleine (*ſpermaceti-oil* en Anglois)	0,399
Solution du ſel commun ⅛ (1 part de ſel en 8 part. d'eau com.)	0,832
Sol. de nitre ⅛ (1 p. de ce ſel en 8 p. d'eau)	0,646
Solution du ſel de Glauber ($\frac{1}{2,9}$)	0,728
Solut. du creme de tartare ($\frac{1}{237,3}$)	0,765
Solution de ſel ammoniac ($\frac{1}{1,8}$)	0,798
Solution de ſel d'Epſom (½)	0,844
Solution d'Alun ($\frac{1}{4,45}$)	0,649
Air déphlogiſtiqué	87,000
Air atmoſphérique	18,670
Air fixe	0,270
Solution du vitriol de fer ($\frac{1}{2,5}$)	0,734
Acide vitriolique, dont la péſanteur ſpécifique=1,885	0,758
Acide vitriolique brun, c'eſt-à-dire, *phlogiſtiqué*, dont la péſanteur ſpécifique=1,872	0,429
Huile de tartre, dont la péſanteur ſpécifique=1,346	0,759
Acide nitreux pale, & déphlogiſtiqué	0,844
Acide nitreux rouge & fumant, dont la péſanteur ſpéc. =1,355	0,576
Acide marin fumant, dont la péſanteur ſpécifique=1,122	0,680
Le ſoufre	0,183
La ſoye volatile de ſoufre, dont la péſanteur ſpécifique=0,818	0,994
Vinaigre fort de vin-rouge	0,387
Vinaigre concentré diſtillé	0,103
Alkali volatil cauſtic, dont la péſanteur ſpécifique=0,997	0,708
Alkali volatil doux	1,851
Eſprit de vin rectifié, dont la péſanteur ſpecifique=0,783	1,086

411. Lorſqu'il s'agit de découvrir la *chaleur ſpécifique* d'un fluide quelconque, & particulièrement lorſqu'on employe la methode indiquée dans le N° 398; il faut prendre le degré moyen indiqué par le Thermometre, mis au fond du mélange, & à ſa ſurface. Car il y a toujours quelque différence dans la température de ces deux endroits, pendant les prémiers moments du mélange de deux fluides à différentes températures; les parties les plus chaudes prenant le deſsùs comme plus rarefiées; & les plus froides tombant, par leur poids, vers le fond du vaiſſeau.

411. *A.* Lorſque j'ai avancé au N° 384 & 385, qu'il y avoit de la différence entre la *chaleur ſpécifique* & la *chaleur ſenſible*, en ce que la

prémiere n'étoit pas *apperçue* par nos ſens, ni par le moyen du Thermometre ; je n'ai parlé que des faits : & je me flâte, que le Lecteur ne me chargera pas avec l'incohérence ou contradiction, d'avoir denié, dans le N° 402, que cette *chaleur ſpécifique*, ou, pour mieux dire, la *différence* entre la *chaleur ſpécifique* de deux états d'un même corps, étoit proprement *latente* dans le vrai ſens du mot. Il faut, donc, que je diſe encore quelque choſe là-deſsùs, à fin d'expoſer mes idées, ou, ſi l'on veut, ma théorie ſur ce ſujet ; & de montrer, qu'il n'y a point de contradiction dans ces deux aſſertions. En voici la ſubſtance.

411. *B.* On vient de voir, par la Table précédente, que la *chaleur ſpécifique* de l'*eau fluide*, eſt à celle de la *glace* comme 10 à 9 ; &, tandis qu'il paroit par les expériences du Profeſſeur Wilke, qu'il y a effectivement 129,6 degrés de différence entre les deux états de ce corps, le Thermometre ne nous montre, qu'à peine un degré de différence : c'eſt-à-dire, la glace eſt à 32 *degrés* de Fahrenheit ; mais à 33 *degrés*, (ou même plus bas) nous trouvons, que l'eau eſt *fluide*.

411. *C.* Il eſt donc évident par ces faits, 1°, Que ni nos ſens, ni nos inſtrumens (les Thermometres) ne nous montrent pas la grande différence de la *chaleur ſpécifique* des corps, qui ſont dans une *forme determinée* ; parceque toute cette *quantité* de chaleur eſt employée à ſoutenir ou conſtituer la *forme*, ou l'*état* de ce corps. 2°, Mais dans le même tems, il eſt faux que cette *quantité* qui fait la *chaleur ſpécifique* de ce corps, ſoit *latente* ; puiſque l'effet qu'elle produit, c'eſt-à-dire, l'*état*, ou la *forme* qu'elle donne à ce même corps, ſont en effet apperçus par nos ſens. 3°, Enfin, on voit auſſi, par les mêmes faits, que ce n'eſt que l'addition, ou l'accumulation de la *chaleur abſolue*, qui ſont réellement aperçues par nos ſens, & par le Thermometre, comme il eſt declaré par la Definition III. N° 385.

Méthode plus aiſée pour faire les Expériences.

411. *D.* La méthode que Mr. Kirwan employe dans ces expériences eſt la plus aiſée. Il prend un même vaiſſeau de terre cuite, dont il a déterminé auparavant la *chaleur ſpécifique*. Il le laiſſe attaindre la même température de l'atmoſphere : & il le remplit avec les differens *fluides* qu'il veut eſſayer. Mais à l'égard des corps ſolides, il propoſe de faire ouvrir des trous, dans chacun de ces corps, avant de les eſſayer, pour y recevoir la boule du Thermometre. Dans la ſuite Mr. Kirwan trouve par le calcul quelle devoit être la vraie quantité de la chaleur commune,

dans le prémier inſtant de l'union, ou mélange des deux corps ; en obſerſervant les degrés des refroidiſſements, lorſqu'ils deviennent reguliers dans des tems égaux. Car, en connoiſſant le raport des maſſes, & la progreſſion des refroidiſſemens, il n'y a qu'à employer les principes du Chevalier Newton, du Dr. Martine, & du célébre Académicien de Peterſbourg, Mr. Richmann, pour trouver cette inconnue.

411. *E.* La formule de ce dernier Philoſophe, qui fut la victime du feu electrique (c'eſt-à-dire, de ſes propres expériences ſur la foudre), eſt la ſuivante. La lettre *a* repreſente la différence entre la *chaleur ſenſible* de la maſſe du corps, qu'on examine, & celle de l'air : *b* ſignifie la quantité du refroidiſſement ; & *t* l'interval du tems ; par exemple, chaque *minute* ou *démi-minute.* Si l'on demande, pour un tems donné *n t*, la *différence* entre la chaleur ſenſible du mélange, & celle de l'air : elle ſera $= \frac{(a-b)^n}{a^{n-1}}$: & la quantité du réfroidiſſement ſera $= \frac{(a-b)^{n-1}}{a^{n-1}}$

L'on trouve pluſieurs autres récherches importantes qui ont du raport à ce même ſujet, dans les prémiers Volumes des Commentaires Nouveaux de la même Academie de Peterſbourg pour les années 1747, 1748, &c. que les curieux de ces matières, feront bien de conſulter.

411. *F.* J'apprends par une lettre de Mr. Achard, membre de l'Academie Royale des Sciences de Berlin, Chymiſte d'un génie fort éclairé, & d'une application extraordinaire, comm' on en peut juger d'après ſes excellentes découvertes, qu'il a actuellement des Thermometres de ſon invention, pour determiner, avec exactitude, les degrés de chaleur fort ſupérieurs à ceux, que les autres Thermometres peuvent indiquer. La boule & le tube de ces nouveaux Thermometres, ſont d'une porcelaine diaphane, au lieu de verre : & il y employe un alliage compoſé de *deux parties* de *biſmuth*, avec *une de plomb*, & *une* autre d'*étain.* On ſait, que ce mélange entre en fuſion à la chaleur de l'*eau bouillante* ; ainſi on peut rendre l'échelle de ces Thermometres, comparable à celle des autres ; puiſque le mercure monte à environ 600° degrés avant l'ébullition : ce qui donne des degrés communs du Thermometre ordinaire, pour continuer l'échelle des nouveaux Thermometres avec la même régularité.

411. *G.* Ce ne ſera pas ſi-tôt, qu'on pourra ſe flater d'avoir une Table, ſuffiſamment complete & exacte, des raports de la *chaleur ſpécifique*

des corps. C'eſt un travail immenſe qui demande la plus grande attention de la part des bons obſervateurs, dont le caractère perſonel, & la paſſion pour les récherches philoſophiques puiſſent nous aſſurer du ſuccès.

412. Le lecteur verra dejà, peut-être, que j'avois raiſon d'annoncer cette nouvelle branche de Phyſique, avec un peu de cet enthuſiaſme que ſon importance demande, pour exciter la curioſité du Public. A preſent, je me contenterai de donner le précis de quelques pas qu'on a dejà faits dans cette carrière, quoiqu'on ne fait que commencer à la ſuivre depuis peu. Voici un échantillon des propoſitions du Dr. Crawford dans ſon excellent Ouvrage ſur la *chaleur animale.*

Sommaire de l'Ouvrage du Dr. Crawford.

413. I. L'air atmoſphérique contient beaucoup plus de *chaleur ſpécifique* que l'air expiré du poumon des animaux, car celui-ci eſt *phlogiſtiqué*, & en bonne partie *air fixe*. On a vû dans la Table N° 410, que, ſi cet air étoit tout *air fixe*, alors la proportion ſeroit comme 1867 à 27, ou comme 69 à 1, de façon que la même quantité de chaleur, qui ſeroit monter l'*air commun* un *degré*, doit faire monter l'*air fixe* 69°, à cauſe de la quantité ſupérieure de la *chaleur ſpécifique* du prémier, à l'égard du ſecond (N° 386 *A.*)

413. *A.* Or, on a vû par les expériences faites à Peterſbourg, que l'air dans la température commune, a, du moins, 200° de chaleur; car le froid y fit deſcendre le Thermometre 200° au-deſſous de la température ordinaire; donc $69 \times 200 \; (=13800)$ ſeroit le degré de chaleur, qu'une quantité d'*air fixe* prendroit d'une autre égale d'*air commun*, lorſque celui-ci ſeroit converti dans le premier; en ſuppoſant, que toute ſa *chaleur ſpécifique* ne put point ſe repandre dans les corps environans (N° 404). Mais cette chaleur eſt 13 fois plus grande que celle du fer échauffé à rouge: qui, ſelon des expériences aſſez bien calculées, n'excede point le degré 1050. Donc la chaleur qui eſt répandue dans le corps animal, en conſequence de cette converſion ou tranſmutation de l'*air commun* en *air phlogiſtiqué*, & en *air fixe*, doit être fort conſidérable à chaque inſpiration. Donc, &c. *N.B.* Si l'on employe dans ce raiſonnement, le réſultat du N° 408. *A.* ci-deſſus: on doit avoir $69 \times 1470 = 101430$ *degrés:* ce qui eſt une *chaleur* au-delà de 96 ½ *fois* plus grande que celle du fer échauffé juſqu'à devenir rouge.

413. II.

413. *B.* II. La *chaleur ſpécifique* du ſang, qui paſſe des poumons aux artères, eſt à celle du ſang des veines, comme 100000 à 89285; ou environ comme 100 à 89. Donc, &c.

N.B. On ſait, par expérience, que tous les animaux qui ont des poumons, ont leur ſang beaucoup plus chaud que ceux qui n'en ont point. C'eſt même une regle générale, que le ſang de ceux qui ont des poumons, eſt d'autant plus chaud, que leurs poumons ſont plus grands.

413. *C.* III. La quantité de la *chaleur ſpécifique* d'un corps eſt diminuée par l'addition du *phlogiſtique*, & augmentée par ſa ſéparation. On en voit des exemples dans la Table ci-deſsùs; ſavoir, dans la *quantité* de la chaleur des *chaux métalliques*, & dans *celle* des mêmes metaux; dans les *acides vitrioliques*, &c. Donc, &c.

414. C'eſt d'après ces Propoſitions, établies par l'Auteur, ſur les réſultats d'un grand nombre d'expériences, qu'il conclut: que la *chaleur animale* provient de celle de l'air, qui eſt reſpiré par les animaux. Mais il faut voir, dans l'Original même, les raiſonnemens & les preuves, ſur les quelles le Dr. Crawford a établi cette doctrine, qui ſemble auſſi bien démontrée, qu'un Probleme d'Euclide.

415. Par un procédé ſemblable eſt produite, ſelon l'Auteur, l'*ignition*, ou l'*inflammation* des corps: ce qui fait l'autre objet de l'Ouvrage du Dr. Crawford. On vient de voir, que la grande quantité de *chaleur ſpécifique* de l'air, eſt capable de ſe dégager à un degré prodigieux, lorſque l'*air* devient *fixe* ou *phlogiſtiqué* (N° 413. *A.*). On ſait d'ailleurs, que les combuſtibles n'ont que très peu de *chaleur*, & beaucoup de *phlogiſtique*. Ainſi à méſure, que celui-ci commence à ſe dégager, l'air le reçoit avidement, comm' il eſt montré par les expériences du Dr. Prieſtley: & toute ſa chaleur s'élance à former la flame & l'ignition. C'eſt ſur ce principe, que l'air d'un ſouflet augmente l'ignition: & que le même air ſouflé ſur un boulet de cannon, échauffé à rouge, le met en fuſion, &c.

Sommaire d'autres Phénomenes.

416. A préſent, j'ajouterai le précis de quelques autres phénomenes, indiqués, en bonne partie, par le même Auteur. La pierre à fuſil,

à fuſil, frappée par l'acier trempé, en ſépare des particules très minces, envelopées & chargées de phlogiſtique, dont l'air s'empare tout d'un coup, & lui communique ſa chaleur, qui produit l'ignition ou l'étincelle. L'inflammation de l'alcohol & du ſoufre, produit beaucoup de particules aqueuſes & acides, qui abſorbent le feu qui ſe dégage de l'air, tandis qu'il s'empare du *phlogiſtique :* &, par conſequence, la flame n'eſt point du tout brillante. Au contraire, les corps qui ont peu de vapeur, donnent une flame plus brillante, & beaucoup plus de chaleur.

416. *A.* Lorſqu'on mêle de l'*acide nitreux*, avec l'*huile de térébinthine*, le phlogiſtique de celui-ci eſt attiré par l'acide : &, par conſequence, une grande partie de ſa chaleur paſſe à l'huile, qui devient fort chaud par la redundance, ou accumulation de cette chaleur additionelle ; &, en certaines circonſtances, produit de la flame & l'embraſement.

416. *B.* Lorſque l'air nitreux vient à être mêlé avec l'air commun, le phlogiſtique s'empare de l'air commun, par l'affinité ſupérieure qu'il y a entre ces deux ſubſtances, comm' il eſt démontré par les expériences du Dr. Prieſtley. Dans le même inſtant, l'air commun ſe décharge de ſa *chaleur ſpécifique*, du moins en grande partie : & cette chaleur ſe repand dans les corps à l'entour : comm' il eſt aiſé de s'en apperçevoir, en appliquant la main au vaiſſeau, où le mélange ſe fait.

416. *C.* La vapeur de l'acide nitreux a du moins autant de *chaleur ſpécifique*, que l'air de l'atmoſphere : puiſqu'elle entretient la flame, comme l'air le fait, dans le *procédé* pour faire de l'acide vitriolique avec du ſoufre. Ainſi dans la deflagration du nitre, l'acide eſt réduit en vapeur ; ſa combinaiſon avec le phlogiſtique du charbon, fait dégager le feu ; & la flame eſt produite avec une exploſion.

516. *D.* On ſait, par les expériences du Dr. Prieſtley, que le feu électrique rend l'air phlogiſtiqué : il eſt donc très probable, que la foudre reçoit une grande partie de ſon feu, de l'air par où elle paſſe, en le rendant phlogiſtiqué. Dans la compoſition, ou pate qu'on fait avec du ſoufre, de la limaille de fer, & de l'eau, pour former une exploſion ſous terre ; l'air, qui eſt répandu tout par tout, & même dans la terre, agit ſur le phlogiſtique, tandis que l'eau & le fer agiſſent ſur l'acide ; le feu eſt degagé de l'air, tandis que le phlo-

giſtique s'en empare : & cela fait l'exploſion qu'on connoit, lorſqu'on met cette pate ſous la terre.

Notice de quelques autres Phénomenes.

417. J'ajouterai encore, la notice de quelques phénomenes, ſelon l'ordre que je m'en ſouviendrai ; parcequ'ils ſervent à confirmer cette doctrine. On ſait bien que le *phoſphore* de Kunckel, & tous les *pyrophores*, s'inflamment d'eux mêmes, ſans autre opération que d'être expoſés au contact de l'air. Auſſitôt que le phlogiſtique y eſt entamé par l'air, en vertu de leur attraction mutuelle, ce dernier ſe décharge de ſa chaleur : & celà ſe fait avec une telle rapidité, que l'inflammation du *phoſphore*, où du *pyrophore*, en eſt la conſequence. Mr. du Suvigny devoit dire, que c'étoit la *chaleur* de l'air, & non pas ſon *humidité*, que les *pyrophores* attiroient dans leur inflammation, pour donner la vraie explication de ce phénomene. Mr. W. Bewley a demontré cette erreur de Mr. du Suvigny, dans ſa lettre au Dr. Prieſtley, (N° 9. de l'*Appendice* au 4^{me} vol. de ce dernier Auteur, ſur *différentes expériences philoſophiques*, &c.). Mais celle-ci paroit en être la vraie théorie.

418. On voit par la Table ci-deſſùs, N° 410, que l'acide vitriolique n'a pas autant de chaleur ſpécifique, que l'eau commune : ne ſeroit-il pas à juger, que la chaleur qu'on ſent lors du mélange de ces deux ſubſtances, provient de la rédundance de la *chaleur ſpecifique* de l'*eau*, ſur celle de l'*acide ?* Probablement, tous les autres phénomenes pareils dependent de cette même Loi.

418. *A.* En mélant du ſel dans un verre d'eau, le Thermometre ne manque pas de baiſſer de quelques degrés, pourvû que la quantité de l'eau ne ſoit pas trop grande à l'égard de la quantité du ſel. Mais ſi l'on fait un mélange d'eau avec la ſolution la plus forte du même ſel, elle n'y produit aucun refroidiſſement. C'eſt que, dans le premier cas, il faut avoir la quantité de *chaleur ſpécifique* qui eſt réquiſe pour l'état fluide du ſel (N° 399.) : & celle-ci eſt retranchée de la *chaleur ſenſible* de l'eau, où la ſolution ſe fait. Mais dans le ſecond cas, il n'y a pas la même exigence.

418. *B.* C'eſt d'après la même Loi, qu'il faut mêler du *ſel* avec de la *glace* (dont une partie eſt fondue) dans le même ſceau, où l'on

plonge un vaiſſeau de fer blanc, avec de la creme, ou des fruits qu'on veut *glacer*; & qu'on l'y remue continuellement, &c. *Voyez le Dictionnaire des Arts*, par Jaubert, *au mot* Limonadier. De même, en repandant l'acide nitreux, ſur la glace pilée ou ſur la niege, on produit un plus grand froid. C'eſt que la fuſion qu'il y cauſe, & les vapeurs, qui s'en élevent, demandent leur quantité de *chaleur ſpécifique*, que les corps environnants fourniſſent de leur *chaleur ſenſible*: & celle-ci doit, par conſéquence, être diminué dans tout ce qui eſt en contact avec le mélange.

418. *C.* Selon les expériences de feu Mr. Richmann ci-deſſus (N° 411. *E.*), plus la différence de la *chaleur*, entre l'*eau* & l'*air*, eſt grande, plus il y a de l'évaporation. Le ſurplus de la *chaleur ſenſible*, attaque ſucceſſivement, & avec rapidité, les premières particules des deux ſurfaces qui ſont en contact; ce qui ſe fait en *deſcendant*, ſi l'air eſt le plus *chaud*; ou, en *montant*, s'il eſt le plus *froid*. Dans ces deux cas, même ſans l'influence de l'*attraction élective* entre ces deux fluides, les prémieres particules de l'eau acquierent la doſe néceſſaire de *chaleur ſpécifique* pour devenir vapeur; dont l'expanſion eſt à celle de l'eau, comme 14000 à 1 (S' Graveſend, Muſchenbroek, & Nolet). Par conſéquence, elle monte dans l'atmoſphere par ſa gravité ſpécifique; celle de l'eau n'étant à celle de l'air, qu'environ 800 à 1. Ainſi, lors même que la température eſt à 33° de Fahrenheit, l'expanſion de la vapeur doit être plus de trois fois plus grande: car 180° : 33 : : 14000 : 2566; & 2566 : 800 : : 3,2 : 1.

N. B. Je ſais bien, que le Dr. Leſlie, entr' autres, réduit l'expanſion de la vapeur à 1660: mais les authorités de *S' Graveſande*, *Muſchenbroek*, & *Nollet*, ne doivent point être rejettées, que par des expériences demonſtratives & indubitables.

418. *D.* Auſſitôt que les *vapeurs* viennent à être condenſées, par le défaut de chaleur dans l'air, elles ſont changées en *niege*, ou en *pluie*. Dans ces deux cas, tout le monde obſerve, que l'une & l'autre rendent l'atmoſphere moins froide qu'auparavant. C'eſt que le ſurplus de la *chaleur ſpécifique* des vapeurs qui y ſont condenſées, ſe répand dans l'air: &, par conſéquence, augmente la *chaleur ſenſible* de la même atmoſphere.

418. *E.* Si l'on met de l'eſprit de vin ſur un Thermometre, & qu'on y ſoufle deſsùs, avec un ſouflet, l'évaporation qui ſuit, emporte le feu dont elle a beſoin pour devenir vapeur: &, par conſequence, la *chaleur ſenſible* doit diminuer très conſiderablement dans le corps, & dans l'échelle du Thermometre, auſſi bien que dans les particules aqueuſes, qui reſtent en arrière; & qui même peuvent devenir glacées, comm' on l'a vu dejà par expérience.

419. Cependant l'évaporation, qui ſe forme en grande abondance dans le vuide, quoiqu'elle depend du même principe, ce n'eſt point à l'action de l'air qu'elle eſt due. La chaleur, à laquelle tous les corps ſont pénétrables, agit plus librement ſur le fluide renfermé dans le récipient, où l'on fait le vuide; parcequ'il n'y a pas d'autres corps, auſſi propres que ce fluide, pour la diſſiper, ou la partager entre eux. Ainſi chaque particule du fluide y acquiert plus vitement toute la *chaleur ſpécifique*, dont elle a beſoin pour arriver à l'état de *vapeur*. Mais, auſſitôt qu'on y laiſſe entrer de l'air, cette chaleur eſt partagée entre ſa maſſe; & conſequemment la vapeur y eſt reabſorbée, ou même condenſée, ſelon que les circonſtances le permettent. Par la même raiſon, les ſolutions des ſels ne criſtalliſent pas bien dans le vuide. Phil. Tranſ. vol. lx. pag. 336.

419. *A.* Lorſqu'on touche, avec le doigt, une piece de *métal*, dont la température eſt au-deſſous de la température du doigt, elle paroit beaucoup plus froide, que le *bois*, & que la *laine*: parceque la quantité de la *chaleur ſpécifique* du *métal*, quoique dans une proportion inférieure à celle de l'*animal*, eſt multipliée par la quantité de ſa maſſe, qui doit entrer dans la *raiſon compoſée* de ſa valeur; & toute cette ſomme ſort de celle de l'animal. Par conſequence, il y doit ſentir un grand déchet dans ſa propre chaleur, pour en former l'équilibre. Mais cette maſſe étant moindre dans le *bois*, & encore moins dans la *laine*, la refrigeration y doit être beaucoup moins conſidérable. Au contraire, ſi la chaleur du *metal*, du *bois*, & de la *laine*, eſt conſiderablement au-deſsùs de celle de l'animal, alors ſa *chaleur ſenſible* doit augmenter par la même raiſon, en touchant le metal; moins en touchant le *bois*, & ainſi de ſuite: diminuant toujours, en *raiſon directe* des denſités. C'eſt, peut-être, par le même principe, que l'air, *fortement condenſé*, devient plus *chaud*, ſelon l'obſervation que je viens d'apprendre, faite par Mr. Arden, Démonſtrateur de *Philoſophie Expérimentale*. Au contraire, il devient bien plus froid, lorſqu'il eſt *rarefié* dans la machine pneumatique.

419. *B.* Par la même raiſon, la grande tenuité de la maſſe de l'air (elle eſt à l'égard de celle de l'eau, comme 1 à 800) fait, qu'il n'y a aucune difficulté à le ſoufrir auſſi chaud que l'eau bouillante. D'ailleurs, en conſiderant la quantité de la chaleur, qui eſt néceſſaire pour former la vapeur de la tranſpiration, on ſera convaincu de la tendence du procedé de la reſpiration à refroidir l'animal dans ces circonſtances (N°403 & 418. *E.*); de façon qu'elle doit produire un effet tout-à-fait oppoſé à celui qu'elle produiſoit auparavant. Ce-ci explique la *puiſſance*, ſuppoſée par le Dr. Cullen dans les animaux (*Mem. du* Dr. Blagden, dans les Tranſ. Phil. vol. lxv. p. 112. Note *b.*) pour *produire du froid.*

419. *C.* Le Phénomene dont j'ai parlé ci-deſſùs, au N° 404. *A.* eſt aſſez connû des Chymiſtes, quoiqu'on n'en avoit pas donné une explication ſatisfaiſante juſqu'à préſent. Il y en a cependant un de cette eſpece, qui merite quelque remarque. Le Dr. Highins l'a montré dans les *Cours de Chimie*, qu'il fait depuis quelques années à Londres, peut-être les plus complets, & les plus inſtructifs, qu'on a jamais vû dans l'Europe; car toutes les opérations & procedés y ſont faits en grand. Et Mr. Watſon, Profeſſeur à Cambridge, en avoit dejà parlé en termes généraux, dans les *Tranſ. Phil.* vol. lx. *page* 336. Le phénomene dont il s'agit, eſt la cryſtallization, preſque ſoudaine, d'une ſolution bien forte du Sel de Glauber, qui ſe conſerve liquide, tandis que le vaiſſeau eſt couvert en ſorte, que l'action de l'atmoſphere n'y puiſſe point agir par un contact ſucceſſif. Mais, auſſitôt qu'on ouvre le vaiſſeau, la *chaleur ſpécifique* du *fluide* commence à ſe depoſer entre les particules de l'air qui le touchent. La fluidité & le mouvement de l'air en font renouveller le contact, parceque ſes particules ſe-ſuivent les unes aux autres, avec une rapidité ſucceſſive: c'eſt-à-dire, les plus chaudes, comme plus rarefiées, montant au-deſſùs des plus froides: &, par conſequence, la cryſtallization ſe fait preſque dans l' inſtant; montrant (par la *chaleur ſenſible*, que le vaſe reçoit dans ce procedé, & qu'il eſt aiſé de ſentir en le touchant) le vrai depôt que le *fluide* doit faire du ſurplus de ſa *chaleur ſpécifique*, en la donnant aux corps environnants, avant de pouvoir ſe fixer, & prendre la forme ſolide.

419. *D.* On connoit également un autre phénomene fort ſingulier; mais pareil au précédent, & qui ne peut pas être expliqué dans aucune autre ſyſteme. Si l'on prend dans la main une bouteille d'eau, pendant un tems très froid (au-deſſous de 32°); à peine l'on ôte le bouchon, lorſque l'eau tout d'un coup commence à ſe-*glacer* avec une eſpece de violence, jettant par-ci par-là des petites ramifications de

cryſtaux, & communiquant, au même tems, une ſenſation aſſez décidée de chaleur, à la main qui tient la bouteille.

419. *E.* Je pourois parler encore d'un grand nombre de phénomenes, qui me ſemblent avoir la plus grande liaiſon avec le nouveau ſyſteme du *feu élémentaire*. Ceux de l'électricité en ſont du nombre. L'excellent Ouvrage de Milord Mahon, qui vient d'être publié en Anglois, avec le titre *Principles of Electricity*, répand la plus grande lumière ſur ce ſujet: & je me flâte, qu'on franchira bientôt le pas, qu'il y reſte encore à faire, pour decouvrir la connexion, ou, peut-être, l'identité du *feu élémentaire*, avec la *lumière* & l'*électricité*, & même avec le *magnétiſme*, d'après la combinaiſon & reunion de leurs loix, & des propriétés qui les diverſifient. Mais il faut laiſſer ces diſquiſitions à des Philoſophes plus profonds & plus habiles, que je ne pretends pas de l'être. Heureux! ſi mes foibles efforts excitent leur curioſité; & leur font entrevoir les tréſors de nouvelles connoiſſances, que cette branche philoſophique du *feu élémentaire*, promet à ceux qui voudront y appliquer leurs attentions.

Rémarque ſur l'Uſage de la Reſpiration Animale.

420. On me permettra, neanmoins, de remarquer ici (& je le fais avec un grand plaiſir, parceque je m'intereſſe toujours à ce qui a du raport à ceux, qui m'honorent de leur amitié), que l'on doit au Dr. Prieſtley, cet inveſtigateur infatigable des myſteres de la Nature, la première découverte ſur l'uſage de la reſpiration. Car ce grand Philoſophe fut le premier qui demontra, autant que les objets de phyſique le permettent, que la *reſpiration* étoit un procedé employé par la Nature, pour décharger l'œconomie animale de la ſurabondance du *phlogiſtique*, qui ne manqueroit pas de la détruire tout-à-fait ſans cet expédient.

420. *A.* Le Dr. Crawford, Philoſophe très eſtimable par la douceur de ſon caractère, & dont le génie clair-voyant apperçoit la plus foible lueur, à travers des grandes ténébres, dans les opérations de la Nature, vient de démontrer, autant que ſon ſujet le permet, que c'eſt au même procédé, qu'on doit attribuer la ſource de la *chaleur animale*. Myſtère de la Nature! que tous les Philoſophes n'avoient jamais pû décifrer avant lui, malgré les reveries de leurs ſyſtemes & nombreuſes théories; Myſtère, dis-je, qui doit exciter notre plus haute admiration, & profonde révérence pour la Sageſſe Infinie, qui, par une ſeule opération, a produit deux réſultats, ſi eſſentiellement néceſſaires à l'exiſtence des corps animés!

420. *B*. Mr. J. Elliot conſidera auſſi, très ingénieuſement, les phénomenes de la *reſpiration animale*, & de l'*inflammation*, ſous le même point de vuë, à peu de choſe près, dans ſes *Obſerv. Philoſ. ſur les Sens*, &c. in 8°, qui furent publiées un peu depuis l'Ouvrage du Dr. Crawford; mais dont l'Auteur n'en avoit eu aucune connnoiſſance en les compoſant. Enfin, Mr. Kirwan, Savant diſtingué, & par l'étendue de ſes lumières, & par la juſteſſe de ſon eſprit, vient d'entreprendre, (N° 398. *C.*) cette nouvelle Carrière de la Phyſique Moderne, pour laquelle je ne puis avoir d'autres prétentions, que les foibles efforts que je viens d'expoſer dans cet Eſſai, à fin de déveloper cette belle théorie, en la mettant dans un plus grand jour, & à la portée de tout le monde. Je me flâte que, par la publication de cet Eſſai, je contribuerai à repandre d'avantage, la connoiſſance de ces decouvertes, dans la plupart des autres pays de l'Europe, que par la communication que j'en ai dejà faite à pluſieurs de mes amis, avec leſquels je cultive une correſpondence literaire. Je paſſerai préſentement à la deſcription des Thermometres de mon invention, que j'ai deſtinés à ces recherches: & qui furent une des cauſes qui m'induiſirent à coucher les idées ci-deſsùs ſur le papier. Dans le même tems, je donnerai les avis de pratique, qui ſeront ſuffiſants pour ſurmonter les difficultés, dont les artiſtes ne manquent pas d'acabler, pour la plupart, les entrepriſes nouvelles, que les Philoſophes leur propoſent d'executer, au-delà de leur routine.

Sur les Nouveaux Thermometres pour ces Expériences.

421. Pour conſtruire ces Thermometres, on doit commencer par ſoufler la boule, qui eſt fort différente de celles des autres Thermometres. Premièrement, on fait ſoufler une boule de verre *b* (fig. 52, planche V.), par quelqu' artiſte qui travaille cette matière à la lampe. Plus la boule ſera grande, & plus le diametre du tuyau de verre *e b* ſera petit, plus il y aura de longueur pour chaque degré.

422. La méthode plus parfaite de ſoufler des boules pour les Thermometres délicats, n'eſt pas celle, qu'on pratique communement, en les ſouflant à la bouche; parceque l' haleine, qui y entre, empêche de bien remplir, dans la ſuite, les boules avec le mercure; à moins de les laiſſer, pendant quelques ſemaines, dans une poſition verticale, à fin que la vapeur aqueuſe en puiſſe ſortir tout-à-fait d'elle-même. D'ailleurs, il eſt fort difficile de bien ſoufler de ces boules, lorſque le diametre intérieur des tuyaux eſt extremement petit, ou vraiment capillaire.

423. Pour obvier à ces inconveniens, on prend une bouteille, des plus fortes, de *gome*, ou plutôt *reſine élaſtique* *: on lui attache bien une embouchure de bois, ou de metal, avec une ficelle: & l'on y met du ciment reſineux. En ſuite on y paſſe le tuyau de verre, qu'on veut ſoufler, en échauffant ſon bout à la lampe. Ces bouteilles ſont impénétrables à l'air; plient comme le cuir; & ont une conſiſtence ſi forte, qu'il eſt preſque impoſſible de les crever, en les preſſant avec la plus grande violence de la main. Ce-ci étant preparé, il n'y a qu'à faire rougir l'autre bout du tuyau de verre; & y ſoufler la boule qu'on ſouhaite, en preſſant la bouteille elaſtique. C'eſt ainſi qu'on évite toute la vapeur. On pourroit même appliquer une eſpece de petite preſſe de bois, au-dehors de la *bouteille élaſtique*, avec un levier, ou avec une vis à double pas, pour augmenter régulièrement, & dans l'inſtant, la force de la preſſion. Mais un peu d'exercice, & d'habilité de la part de l'ouvrier, lui rendra bientôt cette pratique très aiſée, qui eſt celle des meilleurs Artiſtes Anglois, en fait de Thermometres.

424. Après avoir formé la boule *b* (fig. 52), on échauffe le fond *z*: & l'on y touche avec un morceau de verre, pour former une eſpece de petit tuyau, qui communique avec elle. On ferme le bout au-deſſus de *e*: on échauffe la boule *b* d'un coté: &, en ſuçant l'air qui eſt dedans, par le petit tuyau qu'on a formé en *z*, on lui fait prendre la forme d'une calote fort mince: de façon que le mercure y ſoit étendu, dans la ſuite, avec la moindre épaiſſeur poſſible. On ouvre, après celà, le bout ſupérieur *e*: & l'on y ſoufle une petite boule, environ *un pouce* au-deſſous de ce bout du tuyau. Cette petite boule *e* ſert à recevoir le mercure, lorſqu'il monte au-delà du dernier degré de l'échelle: car, ſans celà, il feroit crever quelquefois le Thermometre. Enfin, on ferme le trou en *z*: & on remplit, comm' à l'ordinaire, le tuyau & ſa boule infé-

---

* On apporte cette *reſine* des Indes Occidentales, & particulièrement de la Province du *Para*, dans le Breſil, où l'arbre qui la diſtille par inciſion, eſt appellé *Seringa* par les Portugais. Les Indiens nomment cette reſine *caout-chouc*. Feu Mr. de Condamine parle aſſez en détail de cette reſine, dans ſon Voyage, par la rivière des Amazones. Mais on peut voir auſſi, ſur cet article, le *Dictionnaire d'Hiſtoire Naturelle*, par Mr. de Bomare, au mot *Reſine élaſtique*. On en trouve, depuis quelques mois, en grande quantité, dans les Boutiques de Londres, où les matelots Portugais la portent, à cauſe du bon debit, pour former quelques inſtrumens de chirurgie, & plus encore pour l'uſage des deſſinateurs; parcequ'elle efface parfaitement les traits du crayon. Sa conſiſtence mole, & la tenacité de ſes particules, ôtent á merveille toute ſorte de ſaleté exterieure du papier, en le frotant avec un morceau de cette ſubſtance. Si on la laiſſe tranquille fort long tems, elle devient dure & caſſante: mais on la rend pliante avec la chaleur du feu, ou de l'eau, & même avec le mouvement inteſtin, qu'on lui donne peu à peu. Si celui-ci eſt très vif après qu'elle eſt pliante, elle manifeſte une chaleur exceſſive. Elle n'eſt point ſoluble dans l'eau, ni dans l'eſprit de vin; mais elle l'eſt dans l'ether le plus pur, &c.

rieure, avec du mercure, ſelon les degrés qu'il faut avoir; & on le ferme hermetiquement, &c.

425. Il eſt néceſſaire d'avoir 10 ou 12 de ces verres, pour obſerver toutes les températures, depuis la *glace* juſques à l'*eau bouillante*. Car il eſt plus commode de ne pas donner plus de ſept ou huit *pouces* à la tige *n n x*; pour que la plus grande partie de l'inſtrument puiſſe être plongée dans la matière, ſur laquelle on fait l'obſervation. Dans cette ſuppoſition, chaque *degré* peut avoir environ un demi-pouce en longueur: de façon que le Thermometre N° 1, ne montrera que la température depuis le 32^{me} degré de Fahrenheit, juſqu'au 46^{me} degré, ou environ: le ſecond montrera celle, qui ſuit juſqu'au 60^{me} degré: & ainſi de ſuite, à l'égard des autres verres.

426. Il ne ſera pas néceſſaire d'employer, qu'un ſeul de ces Thermometre, à la fois. Car, dans cette eſpece d'expériences, on connoit d'avance, quel doit être le degré dont on a beſoin à quelque petite différence près. D'ailleurs, ce ſont des expériences qu'il faut répeter pluſieurs fois, avec les mêmes précautions & circonſtances: ainſi, dans le cas de manquer la première (faute d'employer le Thermometre qui lui correſpond); on en profite pour corriger cette faute, dans l'expérience ſuivante, en appliquant le Thermometre qui eſt convénable.

427. Les degrés de l'échelle de chaque Thermometre, ſont gravés ſur le tuyau intérieur de cuivre jaune *c c n n* (même *fig.* 52.), au-dedans duquel la partie ſupérieure *e* de la tige *n x* eſt cimentée, avec quelque ciment fort; tel, par exemple, que celui du N° 331, que j'ai trouvé excellent pour pluſieurs autres objets*. On met, par deſſùs un autre tuyau *s t*, formé d'une feuille très mince de metal, pliée dans cette forme; mais ſans être toute ſoudée, à fin de faire reſſort. Sa longueur doit être telle qu'elle découvre, par ſon bout *s* ſur le tuyau intérieur, le nombre du degré qui correſpond à la hauteur du mercure, vis-à-vis l'autre bout *v v*. Enſuite on viſſe le couvercle *w* en *c c*: & de cette façon le tuyau extérieur *s t* y eſt arrêté, ſans pouvoir gliſſer que vers la boule *b*.

428. On peut faire aiſément la ſubdiviſion de chaque *degré* de ce Thermometre, en pluſieurs parties ſenſiblement égales, lors même que les degrés ſoient de grandeurs differentes, par la méthode ſuivante. On diviſe, en parties égales, au bout *s* du tuyau *s t*, une petite échelle

---

* Après avoir écrit l'article du N° 331, j'ai obſervé, que cette même eſpece de ciment, eſt la meilleure de toutes que je connois pour cimenter, ou racommoder de la porcelaine caſſée, de la fayance, du marble, du verre, &c. &c.